EXERCÍCIO FÍSICO:

VOCÊ PODE ESCOLHER TRATAR SUA DOENÇA OU SUA SAÚDE

Carlos Alberto Alves Dias Filho
Rodrigo Guimarães Vieira de Carvalho
Rachel Melo Ribeiro
Cristiano Teixeira Mostarda
Andressa Coelho Ferreira
Aécio Assunção Braga
Alexsandro Guimarães Reis
Andréa Borges Araruna de Galiza
Nivaldo de Jesus Silva Soares Junior
Mariana Barreto Serra
Carlos José Moraes Dias
Monique Nayara Coelho Muniz Cardoso
- ORGANIZADORES -

Ano 2023

EXERCÍCIO FÍSICO:

VOCÊ PODE ESCOLHER TRATAR SUA DOENÇA OU SUA SAÚDE

Carlos Alberto Alves Dias Filho
Rodrigo Guimarães Vieira de Carvalho
Rachel Melo Ribeiro
Cristiano Teixeira Mostarda
Andressa Coelho Ferreira
Aécio Assunção Braga
Alexsandro Guimarães Reis
Andréa Borges Araruna de Galiza
Nivaldo de Jesus Silva Soares Junior
Mariana Barreto Serra
Carlos José Moraes Dias
Monique Nayara Coelho Muniz Cardoso

- ORGANIZADORES -

Ano 2023

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

Exercício físico: você pode escolher tratar sua doença ou sua saúde

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E96 Exercício físico: você pode escolher tratar sua doença ou sua saúde / Carlos Alberto Alves Dias Filho, Rodrigo Guimarães Vieira de Carvalho, Rachel Melo Ribeiro, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Outros organizadores
Cristiano Teixeira Mostarda
Andressa Coelho Ferreira
Aécio Assunção Braga
Alexsandro Guimarães Reis
Andréa Borges Araruna de Galiza
Nivaldo de Jesus Silva Soares Junior
Mariana Barreto Serra
Carlos José Moraes Dias
Monique Nayara Coelho Muniz Cardoso

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1850-4
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.504232209

1. Exercício físico. I. Dias Filho, Carlos Alberto Alves (Organizador). II. Carvalho, Rodrigo Guimarães Vieira de (Organizador). III. Ribeiro, Rachel Melo (Organizadora). IV. Título.

CDD 613.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

É com entusiasmo que apresento o livro “Exercício físico: você pode escolher tratar sua doença ou sua saúde”. Nesta obra, os autores exploram o impacto do exercício físico não apenas na saúde e doença, mas nas adaptações corporais, como as energéticas, cardiovasculares e imunológicas.

No primeiro capítulo, percorre-se pelas principais adaptações energéticas, metabólicas, neuronais, cardiovasculares e respiratórias relacionadas ao exercício, compreendendo como o corpo se adapta ao aumento da demanda energética durante o exercício físico, otimizando o metabolismo e fortalecendo as capacidades dos sistemas envolvidos, além de aprimorar a coordenação e a eficiência dos movimentos.

O segundo capítulo apresenta a dinâmica entre pessoa vs atividade física, dualidade essa que, através da análise de algumas variáveis como preferências, aptidões naturais e objetivos, leva à compreensão se o exercício físico é escolhido ou se já é inerente à quem pratica.

A relação entre o sistema cardiovascular e o exercício físico é abordada no terceiro capítulo. Nele, pode-se avaliar como o coração se ajusta ao aumento da demanda durante o exercício, fortalecendo-se e otimizando o fluxo sanguíneo para fornecer oxigênio e nutrientes aos tecidos e como tal comportamento influencia na redução de doenças relacionadas ao sistema estudado.

O sistema imune vem ser citado no quarto capítulo, através de uma análise de como o exercício físico afeta a função dos principais mecanismos do sistema imunológico, além de fortalecer e reduzir o risco de infecções e compreender como a prática regular da atividade física trás esse equilíbrio.

Convido, você leitor, a embarcar nesta jornada de descoberta do poder do exercício físico pois, ao compreender as adaptações sistêmicas, podemos aproveitar ao máximo os benefícios para a saúde e prevenção e tratamento de doenças. Diante disso, este livro oferece um mergulho nesse mundo fascinante, incentivando a prática consciente e personalizada de atividade física como uma aliada valiosa nessa caminhada para o bem-estar

Monique Nayara Coelho Muniz Cardoso

SUMÁRIO

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

PRINCIPAIS ADAPTAÇÕES ENERGÉTICAS, METABÓLICAS, NEURONAIS, CARDIOVASCULARES E RESPIRATÓRIAS RELACIONADAS AO EXERCÍCIO

Data de aceite: 01/09/2023

Gabriel Adler Rocha Gomes
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-2967-2084

João Paulo Viana Araújo Segundo
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0009-0003-2275-0814

Tarcísio Ramos de Oliveira
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-7434-7088

Marcelo Victor Pereira
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-8128-1702

Carla Bruna Amorim Braga
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-3892-1764

Isadora Maria de Aguiar Silva Santana
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-2554-0604

Yngrid pereira de Santana e Silva
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-5799-688X

Layanna Timoteo dos Santos
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-0077-7541

Rodrigo Guimarães Vieira de Carvalho
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cardiologia SBC-AMB
https://orcid.org/0009-0002-9608-1783

Carlos Alberto Alves Dias Filho
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Laboratório de Adaptações Cardiovasculares ao Exercício – LACORE (UFMA), São Luís, Brasil
Docente da Faculdade Santa Luzia- Santa Inês - MA
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Laboratório de Adaptações Cardiorrenais ao Exercício Físico - LACE
https://orcid.org/0000-0003-1181-6411

1 I ADAPTÇÃO DOS DIFERENTES SISTEMAS FRENTE AO EXERCÍCIO

A prática de exercício físico tem a

capacidade de provocar um estresse fisiológico no organismo, visto que aumenta a demanda energética do mesmo. Nesse sentido, à medida que as atividades físicas geram esse estresse, há o surgimento de modificações morfológicas e funcionais em resposta a essa alteração. Além disso, essas mesmas mudanças adaptativas no organismo envolvem uma interação entre vários sistemas, como o cardiovascular, musculoesquelético, respiratório, sistema nervoso autônomo (SNA) e metabólico (DE PAIVA VIANA FILHO, 2020).

Nesse aspecto, a prática de exercícios físicos provocará modificações específicas em cada sistema. Adaptações morfológicas cardiovasculares, como a hipertrofia cardíaca e funcionais, como bradicardias. Adaptações respiratórias, como a elevação do consumo de oxigênio, e na musculatura esquelética, gerando um aumento da massa muscular. Outrossim, o SNA tem a capacidade de coordenar e modular a interação e respostas entre esses sistemas. (DE PINHO RA et al., 2010).

1.1 Alterações cardiovasculares

Nesse contexto, é notório que, o coração pode agir a curto prazo, em que o trabalho cardíaco elevado tem a finalidade de buscar atender a demanda metabólica exigida nos exercícios. Quando se analisa a longo prazo, os exercícios físicos podem promover o fenômeno conhecido como remodelação cardíaca, onde ocorre uma reprogramação celular e um crescimento fisiológico, juntamente com um aumento da capacidade de produção de energia. Entretanto, isso contrasta com as alterações cardíacas patológicas, visto que são caracterizadas por uma fragilidade na função contrátil do coração, reduzida produção de energia e posteriormente evoluem para um comprometimento funcional cardíaco. (GRONEK P, 2020; VEGA RB et al., 2017).

1.1.1. Anatomia e Fisiologia do sistema cardiovascular

É certo que o coração é dividido em quatro câmaras, duas esquerdas e duas direitas. A porção direita do coração é responsável por receber sangue venoso da circulação sistêmica pelas veias cavas superior e inferior, e bombeia esse sangue para a circulação pulmonar, onde será oxigenado. Por outro lado, a porção esquerda do coração recebe o sangue oxigenado vindo da circulação pulmonar. O sangue chega ao átrio esquerdo pelas veias pulmonares esquerdas e direitas, dirige-se até o ventrículo esquerdo, e por fim, é ejetado para a aorta, e posteriormente para a circulação sistêmica. Desse modo, os átrios são responsáveis por receber o sangue, enquanto os ventrículos em bombeá-los para os tecidos e órgãos do organismo (GUYTON & HALL, 2017).

No coração existe quatro valvas cardíacas, sendo duas atrioventriculares (AV), mitral e tricúspide, e duas semilunares (SL), aórtica e pulmonar. Importante destacar que entre o átrio direito e o ventrículo direito está localizada a valva tricúspide e entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo a valva mitral. É certo que as AV evitam o refluxo de sangue dos

ventrículos para os átrios no momento da sístole ventricular e as SL impedem o refluxo de sangue da aorta e das artérias pulmonares durante a diástole ventricular (GUYTON & HALL, 2017).

Para que o coração funcione adequadamente e ritmicamente é importante destacar que depende de um sistema de condução elétrico próprio. O ciclo cardíaco é iniciado através de um potencial de ação localizado no nó sinusal, situado na porção lateral do átrio direito, e se estende até o feixe atrioventricular, e partir desse feixe para os ventrículos. O ciclo é constituído de 3 momentos distintos e básicos: Contrações, relaxamento e enchimento (BRAUNWALD, 2019).

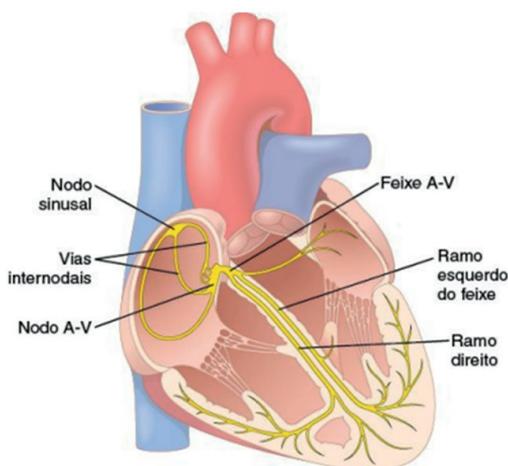



Figura 1: O nodo sinusal e o sistema de Purkinje do coração, mostrando ainda o nodo atrioventricular (A-V), as vias atriais internodais e os ramos ventriculares.

Fonte: GUYTON, A.C. e Hall J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier. 13ª ed., 2017

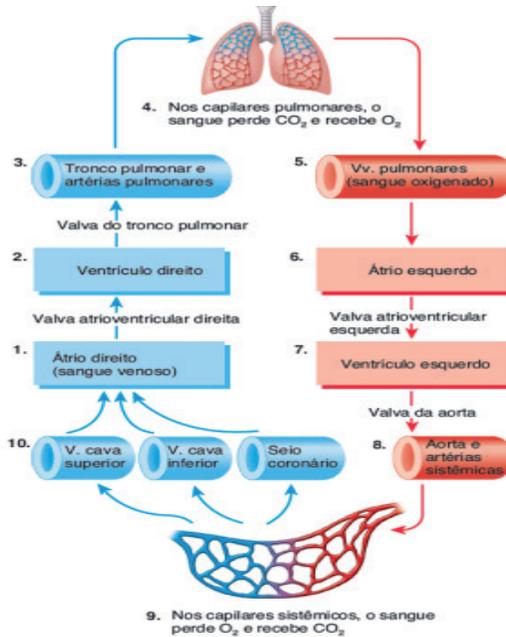



Figura 2: Fluxo sanguíneo ao longo da circulação pulmonar e sistêmica

Fonte: TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. Princípios de anatomia e fisiologia / tradução Ana Cavalcanti C. Botelho. 14. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016

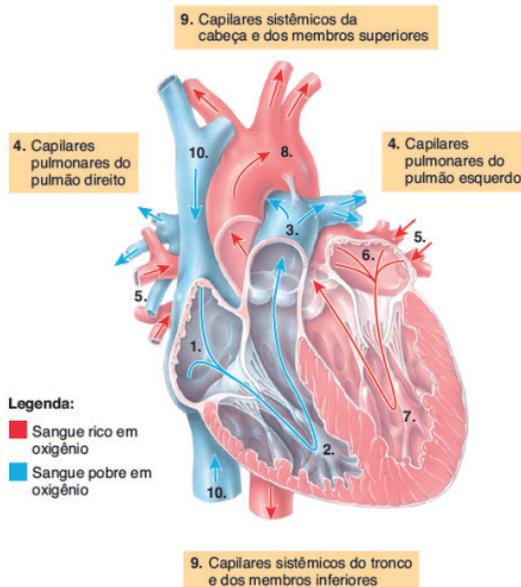



Figura 3: Fluxo sanguíneo ao longo do coração

Fonte: TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. Princípios de anatomia e fisiologia / tradução Ana Cavalcanti C. Botelho. 14. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016

1.1.2. Adaptações fisiológicas durante o treinamento de força

Os exercícios de força, como o levantamento de peso, se caracterizam por serem um tipo de atividade que exige o uso de uma menor quantidade de músculos em comparação aos exercícios de resistência. A contração muscular é levada até o limite situando-se em aproximadamente 20 repetições. Assim, a contração isovolumétrica com cargas muito elevadas acarretará em algumas mudanças no padrão fisiológico do organismo. A contração muscular mantida durante a contração isométrica, promove uma obstrução mecânica do fluxo sanguíneo, levando posteriormente ao aumento da resistência vascular periférica e, portanto, da pressão arterial sistêmica (valores superiores a 250 mmHg para PA sistólica são encontrados nesses tipos de exercícios) em atletas. (FERNANDES T et al, 2015).

Todavia, quando se refere aos efeitos crônicos do exercício físico no sistema cardiovascular, podemos citar a redução da rigidez arterial periférica, decorrente da melhora da função endotelial dos vasos sanguíneos e da liberação de substâncias vasoativas. Desse modo, a redução da PA sistêmica é evidenciada como um dos principais efeitos benéficos. Essa mesma diminuição da pressão arterial é devido a redução da resistência vascular periférica, bem como ao aumento da sensibilidade dos barorreceptores e da melhora na função endotelial aliada a perfusão microvascular. (SANTOS J, 2016).

É importante falar que há diferenças na morfologia cardíaca em pessoas que praticam quase que exclusivamente exercícios de força em comparação aos que praticam atividades de resistência, apesar de ambos terem um diâmetro interno do VE aumentado. Praticantes de força, evidenciaram um aumento muito maior da espessura do VE (44mm) que os de resistência (39mm) e o grupo controle de (36mm). De igual modo, praticantes de força, apresentaram uma espessura septal de 11,8mm, enquanto que os de resistência espessura de 10,5mm e grupo controle de 8,8mm. (RYABOY IV et al, 2018).

Além disso, o aumento da espessura ventricular esquerda superior ou igual a 13mm sem doenças cardíacas pregressas ou sistêmicas aliadas ao aumento do septo interventricular podem levantar suspeitas para o diagnóstico de cardiomiopatia hipertrófica (CMH). (BERNARDO M, 2019)

Portanto, dentre as principais adaptações cardiovasculares induzidas pelo exercício físico predominantemente de força são: aumento da espessura do VE e do septo interventricular, além do aumento da resistência vascular e PA sistólica, principalmente nos instantes pós-exercício (DE PAIVA VIANA FILHO, 2020)

1.1.2. Adaptações fisiológicas nos exercícios de resistência

Os exercícios resistidos são categorizados como aqueles que exigem maior esforço e uso de mais grupos musculares por um período de tempo mais longo. Nesse sentido, a natação e a corrida, por exemplo, exigem que haja um maior suprimento de oxigênio para os músculos quando utilizados por um período maior (30 a 60 minutos). Levando isso em

consideração, quando esses músculos são executados promovem uma melhora no retorno venoso, o que gera um maior volume diastólico final (VDF), que é denominado como o volume de sangue que chega no VE antes que ocorra a sístole e ejeção de sangue para a circulação sistêmica. (FERNANDES T et al, 2015).

Estudos realizados através de análises ecocardiográficas demonstraram, que após corridas de maratona, foi possível perceber, em atletas, um comprometimento do relaxamento cardíaco, sem haver, todavia, uma disfunção diastólica, visto que não foram observadas anormalidades no VDF. Assim, não há indicações de que esse comprometimento possa ser considerado uma alteração patológica, visto que o volume de sangue ejetado e a fração de ejeção do VE se mantiveram preservadas, sendo tudo isso uma característica do ‘’coração de atleta’’ (SIERRA APR et al, 2016; MONTIEL G et al, 2015).

Referente as alterações bioquímicas no coração, um estudo realizado observou que em maratonistas amadores, logo após o exercício físico, ocorre uma elevação da atividade da troponina T(cTnT), e isso indica um estresse temporário do miocárdio (MONTIEL G et al, 2015). Ademais, foi visto, que em praticantes amadores de remo, uma elevação da Troponina I cardíaca e do peptídeo Natriurético Pró-cerebral N-terminal (NT-proBNP) (LEGAZ-ARRESE A et al, 2015).

A troponina é representada por 3 isoformas distintas denominadas T, C e I. As isoformas cTnT e cTnI são específicas para o músculo cardíaco, atuando como marcadores bioquímicos de lesão miocárdica (DA SILVA SH e MORESCO RN, 2011). Já o NT-proBNT é derivado da clivagem do peptídeo natriurético cerebral e tem a função de apontar sobrecarga miocárdica funcional, assim como a presença de estresse do musculo do coração. (SIERRA AP et al, 2015).

Em relação ao aumento da cTcT após exercícios de resistência, foi notório que após um tempo da execução da atividade, a cTnT retornava para valores pré-exercício (SIERRA AP, et al., 2015). Ademais, a cTnI elevou-se após 3,6,12 horas do exercício de ultra resistência, retornando para valores normais após 24 horas, distinguindo-se da curva de lesão miocárdica isquêmica (LEGAZ-ARRESE A et al, 2015). Portanto, alguns atores consideram que o aumento desses biomarcadores, seja fisiológico, quando não há evidencias clinicas de isquemia cardíaca.

Nesse contexto, observou-se que em atletas amadores de maratona, um achado muito comum no eletrocardiograma (ECG) foi a bradicardia sinusal (FC abaixo de 60bpm). Essa variante encontrada nos atletas, ocorre devido à elevação do tônus vagal que é dado pelo SNA parassimpático do coração. Apesar de ser uma característica do ‘’coração de atleta’’, essa bradicardia sinusal tem a capacidade de gerar patologias (KALETA AM et al, 2018).

Todavia, imediatamente após uma corrida de distancias longas (80km), atletas amadores apresentaram uma elevação da FC (JOUFFROY R et al, 2015). Embora a reativação do sistema vagal ocorre rapidamente após a pratica do exercício, a atividade do

SNA simpático permanece elevado por um período de 25 a 30 minutos após o termino da pratica física, elucidando o aumento da FC registrado no pós- exercício. (PRAZERES TMP et al, 2017).

Dessa forma, ao analisar os atletas amadores, antes e após de uma maratona, foram identificadas algumas anomalias nos seus respectivos ECG. Essas variantes mais comumente observadas em repouso são: bloqueio atrioventricular de primeiro grau (BAV 1grau), repolarização precoce, bloqueio do ramo direito incompleto (BRD incompleto), e hipertrofia do ventrículo esquerdo. Esses mesmos achados poderiam configurar um quadro patológico, mas são benignos no ECG de pessoas ativas (KALETA AM et al, 2018)

Sequencial a isso, a hipertrofia cardíaca é uma resposta adaptativa do coração frente ao aumento de trabalho cardíaco e alterações hemodinâmicas. A hipertrofia pode ser categorizada como concêntrica ou excêntrica, as quais induzem mudanças distintas no coração, especialmente no VE (DE PAIVA VIANA FILHO,2020)

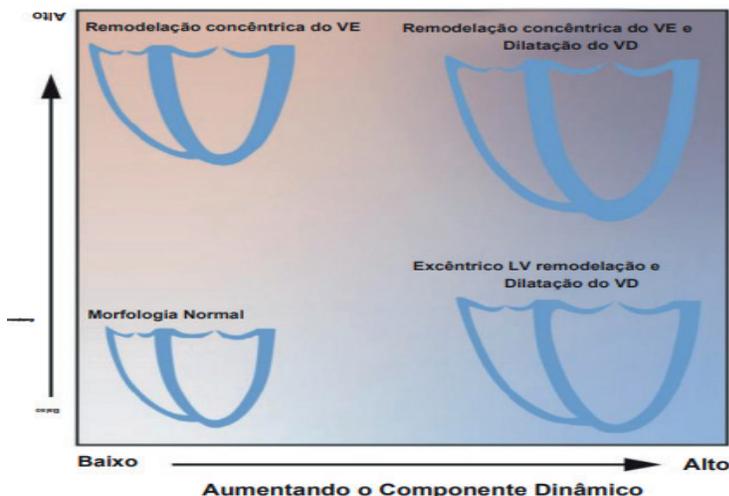



Figura 4: as adaptações cardíacas estruturais antecipadas que se desenvolvem em função desses estressores fisiológicos subjacentes.

Fonte: MARTINEZ, Matthew W. et al. Exercise-induced cardiovascular adaptations and approach to exercise and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. Journal of the American College of Cardiology, v. 78, n. 14, p. 1453-1470, 2021.

A remodelação do VE na hipertrofia concêntrica (adição de sarcômeros em paralelo) fisiológica levará ao aumento da espessura da parede miocárdica, porém sem alteração do diâmetro da câmara cardíaca. Já na hipertrofia excêntrica (adição de sarcômeros em série), há uma maior dilatação do VE. Ambas são induzidas pelo treinamento do exercício. Além disso, o remodelamento fisiológico do VE pode até melhorar ou preservar, a função ventricular (FERNANDES T et al., 2015).

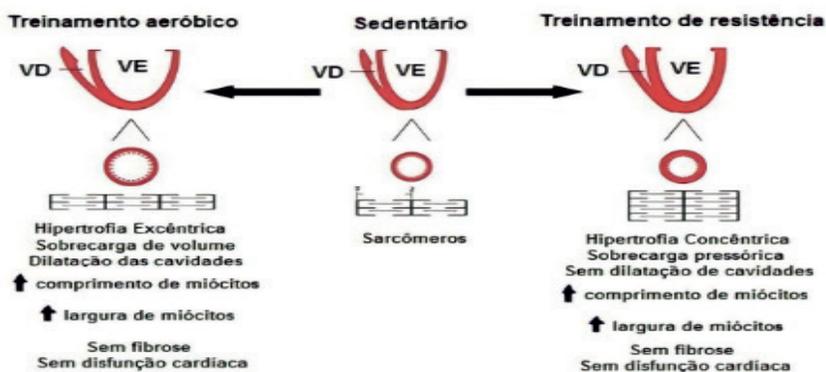



Figura 5:Adaptações do coração de atleta.

Fonte: Material and methods (ufrgs.br).

Nesse aspecto, a hipertrofia cardíaca fisiológica induzida pelo treinamento físico possui efeitos cardioprotetores, visto que possibilitam um ganha na força contrátil do coração. Essa hipertrofia não tem associação com a insuficiência cardíaca (IC), uma vez que a primeiro traz um ganho positivo ao melhorar a eficiência de bombeamento cardíaco, todavia, a segunda, a capacidade de bombear o sangue encontra-se comprometida, havendo redução do retorno venoso e consequentemente no débito cardíaco (FERNANDES T et al., 2015).

Portanto, dentre as principais alterações fisiológicas cardíacas induzidas pelo exercício predominantemente de resistência no coração do atleta amador são: aumento da FC logo após a execução do exercício, redução da PA sistólica e diastólica depois de finalizado o exercício; bradicardia sinusal 5 a 8 dias após o exercício e no momento pré-exercicío; aumento dos biomarcadores cardíacos (cTnT, cTnI, NT-proNBP, CK-MB), e além disso, alterações no ECG em repouso (BAV 1º grau, BRD incompleto, repolarização precoce e HVE). É importante dizer que a possível ocorrência de fatalidades em atletas praticantes dos exercícios predominantemente de resistência encontra-se associadas com a presença de problemas cardíacos ocultos ou já preexistentes, e não possuem relação com a pratica do exercício físico (BERNARDO M, 2019).

1.2 Alterações respiratórias

Ao realizar uma atividade física, o organismo sai da sua zona de conforto e entra em um estado de estresse fisiológico, em que ao comparar o estado de repouso com o estado em que um praticante de exercício físico se encontra nota-se que há diversas adaptações, e uma das principais ocorre no sistema respiratório. Para manter o estado de equilíbrio adequado para a realização do exercício é necessário que o ser humano possa captar

mais oxigênio para suprir a carência momentânea, e dessa forma o corpo inicia respostas que irão resolver essa carência a curto e a longo prazo. Por fim, vale ressaltar que tais alterações estão intimamente relacionadas com estimulo de outros sistemas, a exemplo a hiperpneia, a utilização de músculos acessórios e o aumento da perfusão pulmonar, que são ações realizadas juntamente com os sistemas nervoso, musculoesquelético e circulatório, respectivamente (SILVERTHORN, 2017).

1.2.1. Fisiologia e Anatomia do Sistema Respiratório

O sistema respiratório atua contribuindo para a homeostase nos seres humanos por meio das trocas gasosas entre o ar atmosférico e o sangue. Sendo assim, nota-se que o sistema circulatório e respiratório atua em conjunto para fornecer O2 e eliminar CO2 do organismo. As células do corpo humano utilizam o O2 captado do meio externo para realizar seu metabolismo, gerando energia por intermédio da produção de ATP. Além disso, fica evidente que a respiração afeta também a regulação do pH, visto que a concentração de gases no sangue está intimamente ligada com o processo de respiração (TORTORA, 2016).

O sistema respiratório e composto por duas partes. A zona condutora (boca, nariz, laringe, faringe, traqueia, brônquios, bronquíolos e bronquíolos terminais) que é responsável por filtrar, aquecer, umedecer e conduzir o ar. E a zona respiratória (bronquíolos respiratórios, os ductos alveolares, os sacos alveolares e os alvéolos) que é o principal local de trocas gasosas (TORTORA, 2016).

A respiração é dividida em quatro processo sendo eles: ventilação, troca gasosa entre alvéolo e sangue, transporte de gases no sangue e troca de gases entre o sangue a célula (SILVERTHORN, 2017).

Na ventilação pulmonar ocorre pela expansão e contração do pulmão. Na inspiração, o músculo principal é o diafragma, já que por meio da sua contração o pulmão é puxado para baixo e assim é expandido. Já na expiração o diafragma relaxa e retorna ao seu lugar normal que por sua vez auxilia na contração dos pulmões. Além disso, um outro método para aumentar o volume dos pulmões é a elevação da caixa torácica na qual as costelas e o esterno se movimentam com o auxílio dos músculos intercostais externos, músculos esternocleidomastóideos, serráteis anteriores e escalenos. E a expiração nesse caso ocorre devido aos músculos reto abdominal e os intercostais internos (GUYTON, 2017).

Depois de realizada a ventilação, os alvéolos são responsáveis pelas trocas gasosas na qual ocorre a difusão do O2 atmosférico para o sangue e a difusão do CO2 para o exterior. Sendo assim, a diferença de pressão causa difusão efetiva de gases através dos líquidos pois quando a pressão parcial do gás se encontra maior em relação a uma outra área, tende a ocorre uma difusão efetiva da área de alta pressão para a área de baixa pressão (GUYTON, 2017).

Sendo assim fatores como a duração, o tipo e a intensidade do exercício realizado são determinantes da função pulmonar, visto que irão afetar o desenvolvimento e os volumes pulmonar. Dessa forma, as principais alterações do sistema respiratório são voltadas para o consumo de oxigênio; ventilação pulmonar; capacidade de difusão do oxigênio em atletas e gases sanguíneos durante o exercício. Some-se a isso, existência da chance de atletas altamente treinados apresentem alterações mal adaptativas no sistema respiratório, que podem afetar no seu rendimento físico, a exemplo obstrução intratorácica e extratorácica, fadiga muscular respiratória, limitação do fluxo expiratório e hipoxemia induzida pelo exercício. (DURMIC, 2015).

Vale ressaltar que em repouso, o sistema nervoso mantém um tônus parassimpático, que afeta a frequência respiratória e o exercício desencadeia uma resposta do sistema nervoso simpático que induzirá uma resposta integrada do corpo (PATEL e ZWIBEL, 2023).

1.2.2. Alterações no consumo de Oxigênio durante a atividade física

O consumo de oxigênio pode variar devido às diversas circunstâncias que o corpo se encontra. Em repouso o consumo de um jovem saudável do sexo masculino é de 250 ml/min. De acordo com a duração, intensidade e particularidades do atleta esse valor pode aumentar, a exemplo a média de um homem destreinado durante uma atividade intensa é de 3.600 ml/min enquanto a de um maratonista é em média 5100 ml/min (GUYTON, 2017).

Além do consumo durante o exercício, é importante salientar que o valor permanece aumentado no pós-exercício. Metabolicamente, uma das principais causas dessa manutenção é acúmulo de íons H+ que são liberados a cada hidrólise de ATP para geração de energia. Sendo assim, as atividades tamponantes e a hipóxia local induzida, estimula o organismo a compensar no pós-exercício a falta de oxigênio que havia durante o exercício, dando origem ao fenômeno EPOC (consumo de oxigênio pós exercício, do inglês excess post-exercise oxygen consumption) (DE ARAÚJO TELLES et al, 2020).

1.2.3. Alterações na ventilação pulmonar durante o exercício

O sistema respiratório de um humano saudável tem a capacidade de atender todas as demandas necessária para a realização de uma atividade física por meio da ventilação pulmonar e das trocas gasosas. A ventilação de um indivíduo não treinado exige menos de 10% do consumo máximo de oxigênio (V̇O2máx) e débito cardíaco máximo (Q), e as contrações dos músculos respiratórios são de 40% a 50% do seu potencial gerador de pressão. (TILLER, 2019)

A avaliação da função pulmonar se dar principalmente por meio da espirometria. Nesse teste é avaliado a capacidade e a quantidade de ar que um indivíduo consegue inspirar e expirar em um intervalo de tempo, exigindo seja realizado pelo sujeito várias manobras para utilizar a capacidade vital forçada (CVF). Sendo assim, atletas de elite possuem valores espirométricos mais elevados que a população geral, independentemente da idade e modalidade praticada. Entretanto, apesar de ser maiores que a população em

geral, os valores da espirometria podem variar de acordo com a intensidade do esporte praticado (DURMIC, 2015).

Variável	Basquete (n = 48)	Handebol (n = 42)	Futebol (n = 35)	Polo aquático (n = 25)
CVF (l)	$5,7 \pm 0,9^{*,\dagger,\ddagger}$	$6,5 \pm 1,3^{\dagger,\ddagger}$	$4,9 \pm 1,04^{\ddagger}$	$6,7 \pm 0,8$
VEF_1 (l)	$4,9 \pm 0,8^{*,\ddagger}$	$4,4 \pm 0,9^{\dagger}$	$4,4 \pm 0,8^{\ddagger}$	$5,5 \pm 0,7$
PFE (l)	$10,3 \pm 2,5$	$11,1 \pm 2,3^{\dagger}$	$9,4 \pm 2,3$	$10,4 \pm 0,8$
CV (l)	$5,8 \pm 0,9^{*,\ddagger}$	$6,4 \pm 1,1^{\dagger}$	$5,2 \pm 1,0^{\ddagger}$	$6,8 \pm 0,8$
VEF_1/CVF	$84,9 \pm 8,3$	$85,2 \pm 8,0$	$84,6 \pm 7,2$	$82,0 \pm 7,5$
VVM (l)	$172,5 \pm 42,7$	$177,7 \pm 44,5$	$161,7 \pm 38,6^{\ddagger}$	$200,7 \pm 34,6$

CV: capacidade vital; e VVM: ventilação voluntária máxima. [a]Dados expressos em forma de média ± dp. $^{*}p < 0,01$ vs. basquete. $^{\dagger}p < 0,01$ vs. handebol. $^{\ddagger}p < 0,01$ vs. polo aquático.

Figura 6: Variação dos valores espirométricos de acordo com a modalidade.

Fonte: DURMIC, Tijana et al. Influências específicas do esporte nos padrões respiratórios em atletas de elite. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 41, p. 516-522, 2015.

Esses valores são importante para auxiliar na escolha de um tratamento não farmacológico para alguns sintomas respiratórios como tosse, dispneia e sibilância. Porém os mesmos valores podem mascarar a gravidade de doenças respiratórias em atletas (DURMIC, 2015).

1.2.4. Capacidade de Difusão do Oxigênio de Atletas

A capacidade de difusão é definida como a taxa em que o oxigênio pode se difundir dos alvéolos para o sangue. A partir disso nota-se que esse valor estar relacionado com a diferença de pressão parcial de oxigênio alveolar e a pressão sanguínea do oxigênio pulmonar, na qual quanto maior for a diferença entre as pressões maior será a taxa de difusão do gás oxigênio no sangue. Em um indivíduo não treinado em repouso o valor médio é de 23 ml/min, e nesse mesmo indivíduo quando em exercício físico intenso o valor sobe para 48 ml/min. (GUYTON, 2017)

Portanto, sabe-se que o sistema respiratório trabalha em harmonia com o sistema cardiovascular. Sendo assim, esse fenômeno em que ocorre o aumento da taxa de difusão se dar em resposta ao aumento do débito cardíaco, visto que ocorre o aumento da perfusão no ápice de cada pulmão, que consequentemente diminui o espaço morto alveolar e aumenta a área de superfície em que ocorre as trocas gasosas. Por fim, com a maior difusão de oxigênio associada a outros fatores compensatórios há o equilíbrio gasométrico e de pH sanguíneo. (PATEL e ZWIBEL, 2023).

1.3. Alterações neuronais

A prática de exercícios físicos é fundamental para melhorar a qualidade de vida daqueles que se exercitam habitualmente, desde bebês até idosos, variando os resultados das modificações fisiológicas de acordo com o objetivo esportivo almejado, idade, meio

social, alimentação, entre outros fatores. Além disso, a atividade física está relacionada a uma alteração conformacional das sinapses nervosas pela intervenção das estruturas neurais, sendo de suma importância para retardar patologias advindas do sistema nervoso. Logo, pode-se afirmar que a neurofisiologia é um campo de estudo que está intimamente ligado à fisiologia do esporte e à medicina voltada ao bem-estar individual do paciente (SANTOS, 2019).

1.3.1. Anatomia do sistema nervoso

O sistema nervoso é responsável por receber, processar e identificar diferentes estímulos externos e internos relacionados ao corpo humano, com o intuito de elaborar respostas adaptativas suficientes para gerar um controle fisiológico das atividades funcionais de todos os órgãos. Sendo assim, é evidente ressaltar que ele é dividido em dois grupamentos anatômicos: sistema nervoso central e sistema nervoso periférico (MARTINS, 2020).

O sistema nervoso central é formado pelo cérebro, tronco encefálico, cerebelo e medula espinhal, enquanto o sistema nervoso periférico é constituído de nervos e gânglios. Logo, o cérebro é subdividido em telencéfalo e diencéfalo, os quais constituem um aglomerado de lobos que possuem interações específicas e que possuem particularidades em relação, além de sulcos e giros que delimitam as superfícies. O tronco encefálico remete a porção distal do encéfalo e se subdivide em mesencéfalo, ponte e bulbo. Por fim, a medula espinhal é composta pela substância cinzenta, substância branca e um canal medular contendo líquido cefalorraquidiano (KENHUB, 2023).

Ademais, entende-se que o sistema nervoso periférico inclui as ações funcionais divididas em somáticas e autonômicas, as quais são dispostas por movimentos voluntários e involuntários, respectivamente. Além disso, o sistema nervoso periférico é constituído por gânglios e nervos, sendo as principais partes anatômicas. Os nervos são tecidos nervosos revestidos por um revestimento de três camadas de tecido conjuntivo: epineuro, perineuro e endoneuro. Por outro lado, os gânglios podem ser divididos de acordo com suas funções primárias em duas classificações: sensoriais e autonômicos. Os sensoriais, também conhecidos como sensitivos, localizam-se na raiz dorsal dos nervos espinhais e estão ligados ao sistema nervoso somático; os autonômicos regulam as funções autônomas simpáticas e parassimpáticas e sua localização é delimitada próxima à medula e vísceras (PARESQUE)

1.3.2. Fisiologia do sistema nervoso

A neurofisiologia estuda a movimentação dos elementos iônicos através da membrana, os quais iniciam a transdução de sinais e a geração de potenciais de ação para conduzir os impulsos nervosos. Além disso, é certo afirmar que os neurotransmissores

possuem particularidades associadas ao processo comunicativo entre os neurônios, como a estimulação de neurônios que auxiliam no processo de contração das células motoras musculares. Dessa forma, a fisiologia das células neurais é conivente com a específica atuação dessas células na realização da sinapse nervosa desde o sistema nervoso central ao periférico, a qual influencia a funcionalidade de cada organismo e sua disfunção pode gerar diversas neuropatologias (ALVES, 2018).

O entendimento da neurofisiologia inicia com a interação a nível molecular por meio da movimentação iônica, que é responsável pela bomba de sódio e potássio e de outras alterações fisiológicas na superfície neuronal. Com isso, é válido ressaltar que essa movimentação através da bicamada fosfolipídica do neurônio gera um gradiente elétrico para cada íon em que toda essa soma é o potencial elétrico. Portanto, o potencial de ação é um impulso elétrico que percorre toda a superfície celular e o mecanismo utilizado para a condução elétrica parte da alteração da permeabilidade da membrana para diferentes íons: a cada ativação da bomba de sódio e potássio, três moléculas de sódio saem da célula enquanto duas moléculas de potássio entram, processo mediado por sítios de ligação das proteínas fosfolipídicas, o que também leva a um consumo energético visto pela quebra do ATP. Após esse mecanismo a sinapse é conduzida pelas junções comunicantes que formam gaps e são importantes para a transmissão elétrica rápida nos tecidos musculares, por exemplo (KREBS; WEINBERG; AKESSON, 2013).

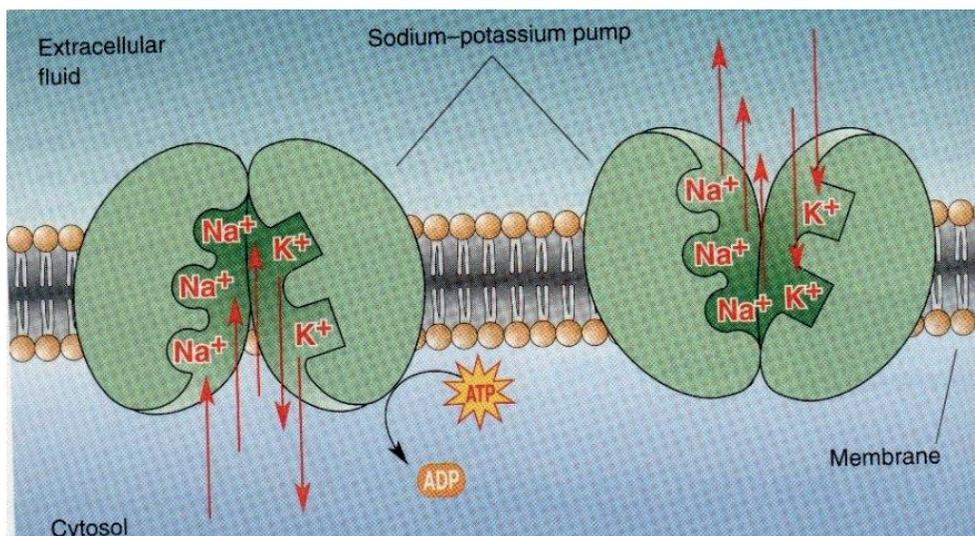



Figura 7: Bomba de sódio e potássio.

Fonte: https://quetodossejamum.wordpress.com/2010/09/23/bomba-de-sodio-e-potassio lanchonete-trechodo-livro/.

1.3.3. Neuromodulação e neuroplasticidade

A neuromodulação é a área da medicina que decorre de forma terapêutica com o intuito de aumentar a rapidez das sinapses nervosas, sendo o exercício aeróbico agudo capaz de promover alterações cerebrais devido a um aumento das funções metabólicas por meio do maior aporte de oxigênio e fluxo sanguíneo ao cérebro. Portanto, é importante salientar que partes dessas mudanças fisiológicas são mediadas por neurotransmissores no sistema nervoso central: inibição pelo GABA, sistema de recompensa pela dopamina, alteração do humor pela serotonina, entre outros. Posto isso, os neurotransmissores atuam como hormônios que influenciam nas mudanças comportamentais do atleta, sendo relevante para a adaptação psicológica de acordo com a concentração dessas monoaminas citadas.

As substâncias citadas são relevantes para a saúde mental do indivíduo na medida em que diminuem a incidência de doenças ligadas a transtornos mentais como depressão, ansiedade, estresse, entre outros. Sendo assim, o exercício tem sido avaliado como um importante elemento antidepressivo, semelhante ao efeito gerado por medicações agonistas de serotonina como a fluoxetina (VORKAPIC-FERREIRA, 2017).

A neurologia tem redefinido alguns conceitos histológicos sobre as funções e gêneses celulares do sistema nervoso em sua totalidade, abrangendo novas perspectivas sobre a medicina esportiva e também sobre estudos envolvendo a biotecnologia. Nesse contexto, a neuroplasticidade surge como um conceito que quebra algumas teorias arcaicas sobre as funções neuronais e as adaptações que as células do sistema nervoso agem de acordo com estímulos externos. Tal conceito é também definido como a capacidade de reorganização dos neurônios no que se refere a sua funcionalidade, podendo ter valor compensatório quando o organismo recupera áreas cerebrais anteriormente lesadas ou então uma ação de depleção neurológica, comum em patologias. Ademais, o exercício físico induz adaptações estruturais e funcionais em várias áreas do córtex cerebral, mesencéfalo e cerebelo, através de diversos mecanismos como: respostas neuroendócrinas, ação oxidativa por meio de enzimas reparadoras de DNA, fatores neurotróficos como o IGF-1, entre outros. A neuromodulação e a neuroplasticidade induzidas por meio de atividades físicas têm sido alvo de grande entusiasmo pela medicina, a qual busca melhorias na qualidade de vida dos pacientes por meio da prevenção e do tratamento de doenças neurológicas através de hábitos de vida saudáveis (ROCHA, 2014).

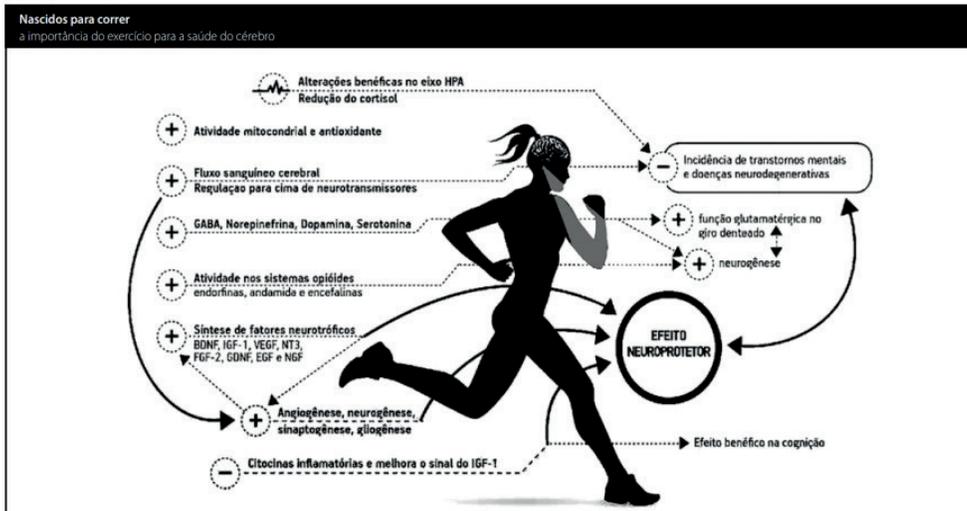



Figura 8: Efeitos do exercício no cérebro.

Fonte: VORKAPIC-FERREIRA, Camila et al. **Nascidos para correr: a importância do exercício para a saúde do cérebro**. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 23, p. 495-503, 2017.

1.4 Alterações endócrinas

O sistema endócrino engloba todas as estruturas anatômicas compostas por órgãos e glândulas que regulam o organismo por meio da liberação de uma determinada carga hormonal. Sendo assim, é importante ressaltar que os hormônios são mediadores químicos que servem como sinalizadores celulares para potencializar ou inibir a ação fisiológica de determinado tecido ou órgão, contribuindo, também, para a homeostase. Cada hormônio possui sua especificidade e a constituição pode ser classificada em: peptídeos, amínicos e esteroides (DEVIA, 2022).

Os hormônios podem ter a sua concentração alterada no organismo de acordo com as modificações fisiológicas, motivadas por patologias, mudanças de hábitos ou fatores externos. Nessa perspectiva, a prática de exercícios físicos aumenta a produção de alguns hormônios, além de garantir um equilíbrio hormonal que auxilia na manutenção saudável do corpo, como: GABA, dopamina, endorfina e serotonina. Portanto, a vida de um atleta depende da forma como o seu organismo produz ou distribui as cargas hormonais necessárias para um melhor desempenho no esporte abordado, o que evidencia a busca da compreensão metabólica dos hormônios e neurotransmissores pela medicina esportiva e neurologia (DE OLIVEIRA, 2018).

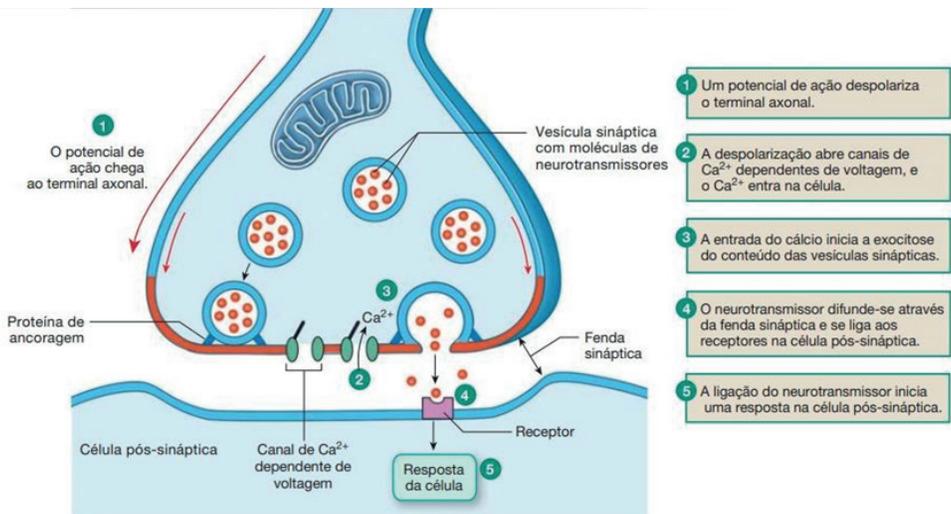



Figura 9: Atuação hormonal no terminal axonal

Fonte: SILVERTHORN, D. **Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada**. 7ª Edição. Artmed, 2017.

1.4.1. Ácido gama-aminobutírico (GABA)

O ácido gama-aminobutírico (GABA) é um aminoácido não proteico que atua como um neurotransmissor no sistema nervoso central dos mamíferos (RAMOS- MARTINEZ et al., 2020). Esse neurotransmissor funciona como um agente inibitório regulando muitos processos fisiológicos e psicológicos. Levando isso em consideração, os neurônios gabaérgicos atuam por mecanismos de feedback negativo nas alças de gânglios da base e de volta ao córtex, o que produz uma estabilidade no controle motor. A carência desse aminoácido pode causar distúrbios motores, a exemplo a doença de Huntington, em que há a perda de uma parte dos corpos celulares dos neurônios gabaérgicos no núcleo caudado e putâmen, assim a sua ação de inibir o globo pálido e a substância negra é afetada e, consequentemente, gera movimentos involuntários característicos da doença (GUYTON, 2017).

Portando, o GABA é de suma importância para a realização de atividades físicas de diversas formas, principalmente auxiliando no controle dos movimentos. Uma das alternativas para a melhoria do rendimento físico é a suplementação com GABA, pois ocorre um aumento mais efetivo da massa corporal livre de gordura em pessoas que utilizam essa suplementação quando comparadas com as pessoas que não a utilizam. Essa hipertrofia muscular pode estar relacionada à capacidade que esse neurotransmissor tem de aumentar as concentrações basais de GH, que quando em altas concentrações auxiliam na síntese proteica e crescimento corporal. Além disso, é importante salientar que o GABA também possue propriedades fisiológicas que promove a melhoria do sono e a redução da fadiga o que pode ajudar na realização de exercícios com maior eficácia

(SAKASHITA et al. 2019).

1.4.2. Dopamina

É indubitável que a prática de exercícios físicos exercer um grande efeito nos diversos sistemas cerebrais, tais como o dopaminérgico, noradrenérgico e serotoninérgico, e isto promovera a liberação de neurotransmissores (MEEUSEN,2005). Dito isso, um relevante neurotransmissor do tipo catecolamina é a dopamina (DA), produzida no sistema nervoso central e periférico e que é responsável pelo controle motor, funções cognitivas, sistema recompensa e motivação (KLEIN et al.,2019). Esse neurotransmissor é produzido por meio da conversão da tirosina em m l- diidroxifenilalanina (L-DOPA) e, posteriormente, na própria dopamina (LIN et al., 2013).

É certo que a atividade física possui uma série de benefícios sobre o sistema cardiovascular, doenças neurodegenerativas como a de Parkinson, transtornos psiquiátricos e lesões cerebrais, visto que modula os sistemas catecolaminérgicos (KLEIN et al., 2019). O treinamento físico gera um feedback positivo da dopamina na medida que há o aumento do transporte de cálcio para o cérebro, e isto ativa a enzima tirosina hidroxilase, assim como auxilia na maior ligação da dopamina ao seu receptor (CORREA et al., 2022).

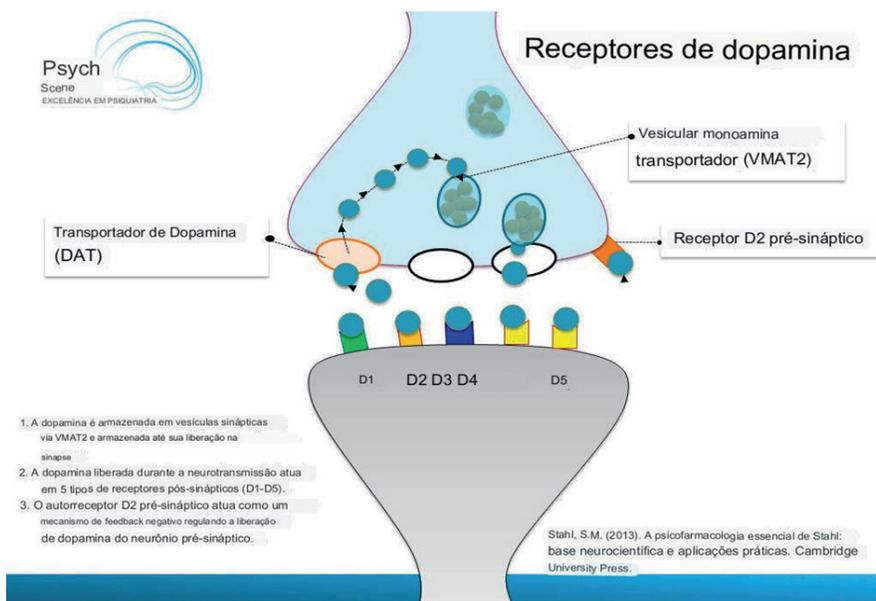



Figura 10: Dopamina e seus receptores

Fonte: Essential psychopharmacology: Neuroscientific basic and pratical applications,2013.

O exercício de intensidade moderada tem a capacidade de aliviar a inflamação e

distúrbios orgânicos por intermedio da indução da dopamina mediada pela ativação do sistema nervoso autônomo, em especial o nervo vago. A inflamação é de suma importância para o combate das infecções. Assim, dentre as citocinas inflamatórias que são liberadas, pode-se citar o TNF (Fator de necrose tumoral) que age regulando a resposte imune inata. O exercício físico eleva as concentrações de dopamina e reduz o TNF (FERREIRA et al., 2018).

Além disso, a dopamina é um dos neurotransmissores mais sensíveis ao exercício agudo. Os circuitos de DA são altamente ativados durante a prática de exercícios agudos para atuarem no sistema locomotor ou direcionados para um objetivo, por exemplo na decisão de correr, e reforçam os efeitos do treinamento físico (TANNER et al., 2018).

Outrossim, a atividade física interfere positivamente na liberação de neurotransmissores e hormônios. Nesse aspecto, os componentes psiconeuroendocrinológicos mais estudados durante uma situação de estresse físico ou até mesmo mental são os CATs (Dopamina, adrenalina e noradrenalina), além da testosterona. Foi observado que durante a prática do exercício, tanto em homens quando em mulheres, a elevação da concentração dos CATs. Desse modo, atualmente, os estudos focados na saúde mental apresentam uma intima relação entre a interação da motivação biopsicológica e o nível das catecolaminas e hormônios circulantes relacionados ao sistema recompensa (NAGY et al., 2022).

1.4.3. Serotonina

A serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT) é uma monoamina que atua como um neurotransmissor inibitório tendo participação na regulação da motilidade gastrointestinal, tônus vascular periférico, tônus vascular cerebral além de ter função plaquetária. A sua ausência pode causar problemas relaciona com o humor e problemas fisiopatológicos como vômitos, enxaquecas e hipertensão sistêmica/pulmonar. Esse neurotransmissor é sintetizado a partir do triptofano, o qual é convertido em 5-hidroxitriptofano que na sequência é descarboxilado dando origem ao 5-HT. Logo em seguida ele é armazenado nos grânulos secretórios e liberados na fenda sináptica para realizar suas ações. (MOHAMMAD-ZADEH et al., 2008).

A prática de exercício físico provoca uma alteração nos níveis das monoaminas cerebrais como por exemplo a serotonina, pois sabe-se que o exercício aeróbio aumenta os níveis de beta-endorfinas que influenciam no sistema serotoninérgico, que aumenta a atividade simpática, melhora o sono e promove um sentimento de bem-estar psicológico (VALIM et al., 2013; FURMANN et al., 2021). A partir disso, estudos confirmam a possibilidade de existir uma boa influência da realização de atividades físicas com o tratamento de pacientes com depressão, o qual esse fenômeno deve-se ao aumento na ativação de neurotransmissores (dopamina, noradrenalina e serotonina) os quais normalmente estão diminuídos em pacientes depressivos (DE BRITO, 2020).

1.4.4. Endorfina

A endorfina é um neuro-hormônio caracterizado pela sensação de prazer, alívio de dores e a tão sonhada felicidade, sendo produzida naturalmente pela hipófise e enviada ao sangue juntamente com outros hormônios como o GH. Além disso, a endorfina possui um efeito analgésico singular e o seu agrupamento molecular constituído por aminoácidos ainda não foi sintetizado artificialmente e, com isso, apenas estimulantes de liberação foram criados a fim de simular os efeitos terapêuticos desse composto químico. Sua liberação é excitada diante da prática de exercícios físicos, mudança de hábitos de vida e ingestão de alguns alimentos, como chocolate. Contudo, é importante frisar que nem todos os efeitos são positivos, visto que em atletas de alto desempenho a concentração elevada de endorfina pode gerar dependência (ANDROCZEVECZ, 2018).

Posto isso, a atividade física em exercícios de alta intensidade ou em treinos de força, contribui significativamente para o aumento de diversos hormônios, pois a pressão sanguínea e a frequência cardíaca tendem a aumentar. A endorfina é um importante neuro-hormônio diante de aumento do estresse ou esforços musculares, pois o seu efeito analgésico diminui a transmissão de estímulos dolorosos para o córtex cerebral e impede a percepção de dor pelo cérebro, além de diminuir a atrofia do hipocampo, região associada à depressão e ansiedade diante de alguma disfunção fisiológica local. Por fim, pode-se afirmar que a endorfina é fundamental para melhorar a qualidade de vida do atleta quando a prática de atividades físicas se torna habitual, contribuindo positivamente com o melhor desempenho físico, psicológico e imunitário (SILVA, 2019).

1.5 Alterações metabólicas e energéticas

É certo que durante a prática de exercício físico, o metabolismo do organismo pode aumentar cerca de 5 a 20 vezes, e parte dessa energia é dissipada na forma de calor. É necessário que essa energia seja liberada para evitar quadros de hipertermia. Dentre os mecanismos dissipadores de calor: Respiração ofegante, resistência vascular periférica e sudorese. Ademais, a sudorese é a principal via de perda de calor humano, todavia, essa via ocorre às custas de água corporal. Na atividade física intensa, as perdas hídricas podem chegar a cerca de 2 a litros por hora. (PITHON-CURI, 2017).

Vale dizer que no momento da atividade física, temos uma elevação na demanda metabólica do organismo, do consumo de O2, da produção de CO2, da pressão intrapleural, do fluxo inspiratório e também da força na musculatura respiratória. Essas modificações respiratórias são decorrentes de exercício intenso que acarretará na fadiga dos músculos envolvidos (diafragma e intercostais), assim como dos músculos presentes nos membros inferiores. (PITHON-CURI, 2017).

O balanço ácido-base não altera durantes os primeiros instantes do exercício (até perto de seis vezes o aumento do consumo de oxigênio), pois o transporte de oxigênio

para as mitocôndrias ainda é suficiente para atender a demanda energética. Porém, com a elevação da intensidade da atividade física realizada, as células passam a realizar uma combinação entre metabolismo aeróbico e anaeróbico. Durante o exercício físico, o disparo do nervo simpático aumenta e o tônus vagal diminui, resultando em aumento da frequência cardíaca. Durante a transição de exercícios leves para moderados e/ou vigorosos, tanto a frequência cardíaca quanto o volume corrente levam a um aumento na ventilação-minuto. Inicialmente, os aumentos no volume corrente superam os aumentos na frequência respiratória, mas à medida que a acidose metabólica se desenvolve, os aumentos na frequência respiratória predominam. Essas mudanças ocorrem devido à duração do exercício e à contração dos músculos respiratórios. O aumento inicial da ventilação ocorre rapidamente em resposta a alterações metabólicas ou gasométricas (SILVERTHORN, 2017).

Assim, a prática de exercícios físicos regulares produz modificações em todos os sistemas, especialmente no musculoesquelético. Nesse sistema, independente do estimulo, seja de resistência ou de força, é observado alterações nas fibras musculares resultantes do aumento da quantidade de proteínas. Além disso, essas adaptações são específicas de cada exercício e irão depender da associação entre as vias metabólicas e os diferentes tipos de fibras do músculo. Dentre os marcadores que podem ser citados nessas adaptações: 1) Alongamento do musculo, 2) níveis de radicais livres altos, 3) Redução dos níveis de fosfato e 4) Aumento da concentração intracelular de cálcio livre. (POWERS; HOWLEY, 2017).

1.5.1. Uso dos nutrientes durante a atividade muscular

Em primeiro lugar, além da maior utilização de carboidratos pelos músculos durante o exercício físico, os mesmos também usam de grandes quantidades de gorduras na forma de ácido graxos e de acetoacetíco para produzirem energia na forma de ATP, e fazem uso em menores quantidades de proteínas sob a forma de aminoácidos. Nesse contexto, em atividades físicas que durem cerca de 4 a 5 horas de execução, o glicogênio de reserva fica praticamente depletado e não pode ser utilizado para contração muscular. Assim, o músculo passa a se apropriar das gorduras como fonte de energia. (GUYTON, 2017)

O gráfico abaixo representa uma aproximação relativa da utilização de carboidratos e gorduras em exercícios exaustivos e de longa duração. É feito uma representação sobre a forma de três dietas: dieta rica em gordura; rica em carboidratos e mista. É notório que maior parte da energia obtida advém dos glicídios, durantes os primeiros segundos e minutos do início da atividade muscular, entretanto, à medida que vai ocorrendo a exaustão muscular, cerca de 60% a 80% da energia sob a forma de ATP provém das gorduras. (GUYTON, 2017)

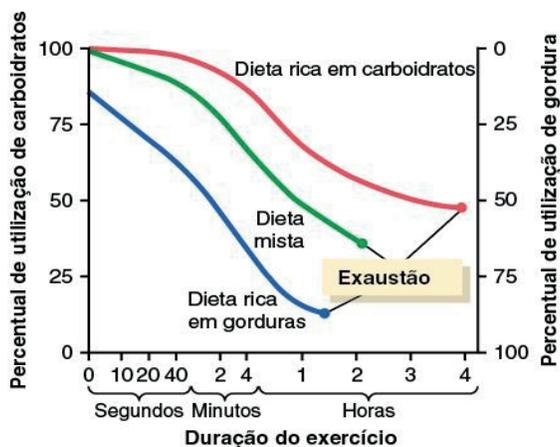



Figura 11: Efeito da duração do exercício relacionado com o tipo de dieta.

Fonte: GUYTON, A.C. e Hall J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier. 13ª ed., 2017.

Sequencial a isso, nem toda energia obtida advém do glicogênio muscular armazenado. Parte da energia também pode ser obtida pelos estoques de glicogênio que tem no fígado, tendo em vista que a mesma quantidade de glicogênio que é armazenada no musculo é também no fígado, e pode ser liberada para o sangue na forma de glicose e, então, ser captada pelos músculos. Assim, se for dada uma solução de glicose para um atleta durante o decorrer da atividade física, será fornecido de 30% a 40% da energia que seria necessária (GUYTON, 2017).

Portanto, pode-se notar, então, que se há glicose e glicogênio disponíveis na corrente sanguínea, esses nutrientes serão a primeira fonte de energia primária para o organismo frente a uma atividade muscular intensa. Ainda assim, em atividade de longa duração, por exemplo maratona, é esperado que a fonte de energia a ser utilizada seja a gordura, fornecendo aproximadamente 50% da energia após as primeiras 3 a 4 horas. (GUYTON, 2017).

1.5.2. Regulação molecular do músculo esquelético ao exercício aeróbico: adaptações metabólicas e mitocondriais

Destacando os exercícios aeróbicos, o efeito agudo acarretado pelo estímulo e que irá gerar adaptações crônicas no musculo esquelético se dão principalmente pela ativação das enzimas quinases em associação com o metabolismo energético. O metabolismo do cálcio intracelular promove uma maior ativação dessas enzimas, como a quinase cálcio-dependente (CAMKII), e a elevada degradação do ATP contribui para a formação de Adenosina Monofosfato (AMP), e está por sua vez também promove a ativação da quinase dependente de AMP. (CAMERA et al., 2016).

A proteína quinase ativada por AMP (AMPK) modula o metabolismo das células

por meios dos processos de fosforilação de enzimas metabólicas ou via regulação translocacional (JAGER et al., 2007). A ativação dessa enzima é regulada pelo aumento da razão AMP/ATP e razão creatina/fosfocreatina durante exercícios intensos, depleção de ATP e por estresse oxidativo derivada da privação de glicose Assim, a AMPK é ativada para conservar o ATP, além de inibir as vias de produção de glicogênio e proteínas, e ao mesmo tempo ativando a sinalização catabólica (transporte/captação de glicose e oxidação de gorduras) para restabelecer a energia celular (KAHN et al., 2005).

Estudos evidenciaram que a AMPK promove uma maior expressão de fatores de transcrição, tais como NRF-1, MEF2 E HDACs, além de induzir uma biogênese mitocondrial no musculo esquelético, quando há uma exposição crônica ao exercício físico (McGEE et al., 2008; BERGERON et al., 2001).

Nesse contexto, pode-se afirmar que certamente há alterações celulares induzidas pelo exercício aeróbico. Todavia, ainda pouco conhecido, ocorre o processo de biogênese mitocondrial, isto é, aumento da densidade, volume e no número de mitocôndrias nas células musculares. Nesse aspecto, essas modificações adaptativas decorrem do fato de que o aumento da capacidade aeróbica estimulada pelo exercício promoverá modificações mitocondriais, visto que o musculo esquelético é um tecido rico nesse tipo de organela e possui uma alta dependência da fosforilação oxidativa para produção de energia. Dito isso, durante a pratica do exercício extenuante, observou-se uma elevação de 30 a 40 vezes do fluxo de sangue e do consumo de oxigênio intramuscular. De modo análogo, a atividade do ciclo de Krebs eleva em 70 a 100 vezes do valor basal nas mesmas condições (EGAN; ZIERATH, 2013).

Outrossim, recentemente, o tecido muscular tem sido comumente chamado de órgão endócrino, evidenciando sua relação com o exercício, na medida que produz e secreta citocinas e peptídeos ativos (miocinas) na circulação. Estas miocinas sintetizadas possuem relevante atuação sobre o tecido adiposo, fígado, pâncreas e intestino. Vale dizer que a IL-6 é umas das miocinas que possui uma ampla variedade de implicações com relação a adaptação do musculo esquelético, incluindo nisso a hipertrofia e angiogênese (PEDERSON; FEBBRAIO, 2012). Além disso, a Irisina, miocina descoberta mais recente, tem o papel de promover "escurecimento" da gordura branca, aumento assim o gasto de energia do organismo (BOSTROM et al., 2012).

Portanto, as adaptações moleculares referentes ao musculo esquelético quando induzidas pelo exercício físico são inúmeras. Assim, pode-se citar como exemplo o aumento da quantidade de proteínas associadas ao ATP mitocondrial; maior utilização, captação/ transporte e oxidação dos ácidos graxos; maior eficiência do metabolismo da glicose; elevação da captação e uso de O2 pelo musculo esquelético e maior síntese de glicogênio (EGAN; ZIERATH, 2013; GAVIN et al., 2007). Todas essas adaptações são influenciadas pela intensidade e tempo de realização do exercício, pelo padrão de recrutamento de fibras do musculo, atividade enzimática e por fatores extrínsecos, tais como a composição corporal, estado nutricional e idade do praticante do exercício (SPRIET et al., 2003).

REFERÊNCIAS

ALVES, Nelson Pereira Jr. Avaliação funcional de neurotransmissores. **Revista Científica de Neurometria**, v. 2, n. 5, 2018.

ANDROCZEVECZ, Gabriela Vitória; DOS REIS, Jefferson Luís; ZENDRON, Fernanda**.** Endorfina-a amina do bem estar. **Anais da Mostra de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cidadania (MEPEC),** v. 3, p. 23-23, 2018.

Bergeron R, Ren JM, Cadman KS, Moore IK, Perret P, Pypaert M, et al. Chronic activation of AMP kinase results in NRF-1 activation and mitochondrial biogenesis. **Am J Physiol Endocrinol Metab**. 2001;281(6):E1340-6

BERNARDO M. Alterações eletrocardiográficas no atleta e preditores da morte súbita cardíaca. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina) - **Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar**. Universidade do Porto, Porto, 2019

Bonow RO, Mann DL, Zipes DP, Libby P. Braunwald **Tratado de Doenças Cardiovasculares.** 11ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier;2019.

BOSTRÖM P; WU J; JEDRYCHOWSKI MP; KORDE A; YE L; LO JC; et al. **A** PGC1-α-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. **Nature**. 2012;481(7382):463-8

CAMERA, D.M.; SMILES, W.J.; HAWLEY, J.A. Exercise induced skeletal muscle signaling pathways and human athletic performance**. Free Radical Biology Medicine** Vol. 98. p.131-143. 2016

DE ALENCAR ROCHA, Anna Karynna Alves et al. Plasticidade do sistema nervoso central influenciada pelo exercício físico: importância clínica**. Brasília Med**, v. 51, n. 3.4, p. 237-244, 2014.

DE ARAÚJO TELLES, Vitor et al. Efeitos do treinamento de força de alta intensidade e curto intervalo de descanso sobre o gasto calórico, consumo de oxigênio pós exercício e uso de substrato em indivíduo treinado: estudo de caso. **RBPFEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 14, n. 90, p. 341-349, 2020.

DE BRITO, Rômulo Nolasco**.** Exercícios aquáticos na dor neuropática: evidências científicas. In: **III Congresso Brasileiro de Fisioterapia Aquática**. p. 4. 2020.

DE OLIVEIRA, Bruce Ollyver Paulo et al. Respostas hormonais ao exercício físico: uma revisão das alterações na testosterona e cortisol. **Revista Movimenta ISSN,** v. 7, n. 4, p. 2014, 2018.

DE PAIVA VIANA FILHO, Laerte et al. Adaptações cardíacas fisiológicas induzidas pelo exercício físico em atletas amadores: revisão narrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 56, p. e3999-e3999, 2020.

DE PINHO RA, et al. Doença arterial coronariana, exercício físico e estresse oxidativo. **Arq Bras Cardiol**, 94.4: 549-55, 2010.

DEVIA, Deyanira González. SISTEMA ENDOCRINO DIFUSO. **Fisiología endocrina,** p. 278, 2022.

DURMIC, Tijana et al. Influências específicas do esporte nos padrões respiratórios em atletas de elite. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, p. 516-522, 2015.

EGAN B; ZIERATH JR. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. **Cell Metab**.17(2):162-84, 2013.

FERNANDES T, et al**.** Aerobic exercise training promotes physiological cardiac remodeling involving a set of microRNAs**. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology,** 309(4): 543-552, 2015.

FERREIRA, Guilherme Lemos Shimojo et al**.** Papel do exercício físico aeróbio na modulação das disfunções neuroimunes: avaliações em modelo experimental de sepse e de síndrome metabólica. 2018

FURMANN, Meiriélly et al. Efeito agudo do L-Triptofano e das Nanopartículas de L-Triptofano associadas ou não ao exercício físico no comportamento cognitivo e motor de modelo experimental de Alzheimer. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 41702-41716, 2021.

Gavin TP, Ruster RS, Carrithers JA, Zwetsloot KA, Kraus RM, Evans CA, et al**.** No difference in the skeletal muscle angiogenic response to aerobic exercise training between young and aged men. **J Physiol.,** 585(Pt 1):231-9, 2007.

GRONEK P, et al. A Review of Exercise as Medicine in Cardiovascular Disease: Pathology and Mechanism. **Aging and disease**, 11(2): 327-340, 2020.

GUYTON, A.C. e Hall J.E. Tratado de Fisiologia Médica. **Editora Elsevier**. 13ª ed., 2017.

Jäger S, Handschin C, St-Pierre J, Spiegelman BM AMP-activated protein kinase (AMPK) action in skeletal muscle via direct phosphorylation of PGC-1alpha**. Proc Natl Acad Sci USA**.104(29):12017-22, 2007.

JOUFFROY R, et al. Changes of Cardiac Function During Ultradistance Trail Running. **American Journal of Cardiology**, 116(8): 1284-1289, 2015.

Kahn BB, Alquier T, Carling D, Hardie DG. AMP-activated protein kinase: ancient energy gauge provides clues to modern understanding of metabolism. **Cell Metab.** (1):15-25, 2005.

KLEIN, Marianne O. et al. Dopamine: functions, signaling, and association with neurological diseases. **Cellular and molecular neurobiology**, v. 39, n. 1, p. 31-59, 2019

KREEBS, C.; WEINBERG, J.; AKESSON, E. Introdução ao Sistema Nervoso e à Neurofisiologia Básica. **Neurociências Ilustradas**, p. 1-22, 2013.

LEGAZ-ARRESE A, et al. Individual variability in cardiac biomarker release after 30 min of high-intensity rowing in elite and amateur athletes. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism,** 40(9): 951-958, 2015.

LIN, Tzu-Wei; KUO, Yu-Min. Exercise benefits brain function: the monoamine connection. **Brain sciences,** v. 3, n. 1, p. 39-53, 2013.

LINHARES, Rafaela**.** Sistema nervoso central**. Kenhub,** 2023.

MARTINS, T. O; EICHLER, M. L. Neurociências cognitivas no estudo do sistema nervoso: um olhar crítico por meio do livro didático de educação básica., v. 25, n. 2, p272, 2020.

McGee SL, van Denderen BJ, Howlett KF, Mollica J, Schertzer JD, Kemp BE, et al. AMP-activated protein kinase regulates GLUT4 transcription by phosphorylating histone deacetylase 5. **Diabetes**., 57(4):860-7, 2008.

Meeusen R. Exercise and the brain: insight in new therapeutic modalities. **Ann Transplant,** v. 10, n. 4, p. 49-51, 2005.

Mohammad-Zadeh LF, Moses L, Gwaltney-Brant SM. Serotonin: a review. **J Vet Pharmacol Ther**. Jun;31(3):187-99. 2008.

MONTIEL G, et al. Echocardiographic and biochemical analysis of cardiac function and injury among female amateur runners post-marathon. **Wiener klinische Wochenschrift,** 128(5-6): 193-197, 2016.

NAGY, Zsófia et al. Reward Dependence-Moderated Noradrenergic and Hormonal Responses During Noncompetitive and Competitive Physical Activities. **Frontiers in behavioral neuroscience**, v. 16, 2022.

PATEL PN, ZWIBEl H. Fisiologia, Exercício. 2022 set 12. In: StatPearls [Internet]. Ilha do Tesouro (FL): **StatPearls Publishing;** Jan–. PMID: 29489294. 2023.

Pedersen BK, Febbraio MA**.** Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. **Nat Rev Endocrinol**., 8(8):457-65, 2012.

PITHON-CURI, T. C. Fisiologia do exercício. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan,** 2017

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condiciona-mento e ao desempenho. Barueri, SP: **Manole**, 2017.

PRAZERES TMP, et al. Cardiovascular responses during resistance exercise after an aerobic session. **Brazilian Journal of Physical Therapy,** 21(5): 329-335, 2017.

RYABOY IV, et al. Aviator's Heart: A Case of Athlete's Heart in an Active Duty Male Naval Aviator. **Military medicine**, 183(11-12): e783-e786, 2018.

SANTOS, Maria Clara Barbuena. O exercício físico como auxiliar no tratamento da depressão. **Revista brasileira de fisiologia do exercício**, v. 18, n. 2, p. 108-115, 2019.

SIERRA APR, et al. Reduction in post-marathon peak oxygen consumption: sign of cardiac fatigue in amateur runners?,**Arquivos brasileiros de cardiologia**, 106(2): 92-96, 2016.

SILVA, Lislaiane Cardoso da; SANTOS, Nádia Macedo Lopes. Efeitos do exercício físico nos aspectos fisiológicos, psicológicos e sociais em pessoas com depressão. **Revista Científico Eletrônica de Ciências Aplicas da FAIT**, v. 14, n. 2, 2019.

SILVERTHORN, D. Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada. 7ª Edição. **Artmed**, 2017.

TANNER, Margaret K. et al. Running from fear: exercise modulation of fear extinction. **Neurobiology of learning and memory,** v. 151, p. 28-34, 2018.

TILLER, N.B. Função Muscular Pulmonar e Respiratória em Resposta à Maratona e Ultramaratona: Uma Revisão. **Esportes Med**, 49, 1031-1041, 2019.

TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. Princípios de anatomia e fisiologia / tradução Ana Cavalcanti C. Botelho. 14. Ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2016

VALIM, Valéria et al. Efeitos do exercício físico sobre os níveis séricos de serotonina e seu metabólito na fibromialgia: um estudo piloto randomizado**. Revista Brasileira de Reumatologia,** v. 53, p. 538-541, 2013.

VEGA RB, et al. Mecanismos moleculares subjacentes à adaptação cardíaca ao exercício. **Cell metabolism**, 25(5): 1012-1026, 2017.

VORKAPIC-FERREIRA, Camila et al. Nascidos para correr: a importância do exercício para a saúde do cérebro. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte,** v.23, p. 495-503, 2017.

CAPÍTULO 2

QUANDO VOCÊ RESOLVE TORNAR SE UM ATLETA, VOCÊ ESCOLHE A ATIVIDADE FÍSICA OU É A ATIVIDADE FÍSICA QUE LHE ESCOLHE

Data de aceite: 01/09/2023

Marcelo Victor Pereira
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-8128-1702

Gabriel Adler Rocha Gomes
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-2967-2084

João Paulo Viana Araújo Segundo
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0009-0003-2275-0814

Tarcísio Ramos de Oliveira
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-7434-7088

Carla Bruna Amorim Braga
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-3892-1764

Isadora Maria de Aguiar Silva Santana
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-2554-0604

Yngrid pereira de Santana e Silva
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-5799-688X

Safira Duanny de Carvalho Silva
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-9675-1957

Rodrigo Guimarães Vieira de Carvalho
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cardiologia SBC-AMB
https://orcid.org/0009-0002-9608-1783

Carlos Alberto Alves Dias Filho
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Laboratório de Adaptações Cardiovasculares ao Exercício – LACORE (UFMA), São Luís, Brasil
Docente da Faculdade Santa Luzia- Santa Inês - MA
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cardiologia SBC-AMB
Laboratório de Adaptações Cardiorrenais ao Exercício Físico - LACE
https://orcid.org/0000-0003-1181-6411

1 | A ATIVIDADE FÍSICA E SUAS VARIAÇÕES

A atividade física é definida como qualquer exercício de movimentação corporal que permita o gasto de energia, tornando esse conceito extremamente abrangente. Essa prática está relacionada à melhoria da qualidade de vida e redução dos índices de mortalidade, visto que a inatividade física é o quarto fator de rico mais importante para a ocorrência de óbitos precoces. Nesse sentido, o baixo índice de prática de atividade física pode ocasionar prejuízos às condições de saúde populacionais. (LIMA, 2015)

O sedentarismo, por outro lado, é definido como a falta ou grande diminuição da prática de atividade física, sendo descrito em termos epidemiológicos como fator determinante nas doenças degenerativas, como hipertensão arterial sistêmica, obesidade, osteoporose, diabetes, doenças coronarianas e até patologias do sistema nervoso como a isquemia cerebral e a depressão. Basicamente, a definição ou não da condição de sedentarismo ou fisicamente ativo depende da quantidade de calorias perdidas ao longo de uma semana, cujo valor deve alcançar, pelo menos, 2200 cal. (JOBIM, 2015)

Além da necessidade da prática de atividades físicas, é importante deixar claro que sua realização deve ser feita de forma correta. Os exercícios físicos (EF) são considerados seguros apenas se projetados de acordo com o perfil de cada praticante, sendo baseados no seu desenvolvimento físico e psicológico. Sendo assim, fatores como o tipo de exercício, o número de repetições e a frequência de realizações devem ser definidas de forma específica e individualizada, para que lesões relacionadas ao crescimento e desenvolvimento do corpo humano quanto à sua musculatura ou arcabouço ósseo (principalmente no caso de crianças e adolescentes) não sejam prejudicados. (DE OLIVEIRA SANTOS, 2021)

A atividade física resistida é utilizada frequentemente em processos como a musculação, sendo útil durante o processo de hipertrofia muscular. No caso do treinamento resistido, sua principal característica é a necessidade de vencer uma resistência produzida por um equipamento, utilizando fontes anaeróbias para produção de energia, resultando na formação de ácido lático. (DE SOUZA, 2022)

O treinamento resistido é extremamente utilizado, também, no ganho de força e diminuição da gordura corporal, promovendo uma série de reações fisiológicas. É importante, nesse sentido, entender que a atividade física resistida promove a adaptação do sistema musculoesquelético, resultando em modificações que contribuem para aumentar o depósito de minerais ósseos, aumentando a resistência óssea. (DA SILVA, 2020)

A prática regular de atividades físicas resistidas representa o exercício com maior nível de melhoria da capacidade funcional de idosos, garantindo melhorias no sistema musculoesquelético, cardiovascular e aumentam a disposição para a realização de atividades diárias. Além disso, observa-se melhoria nas condições posturais, as quais são prejudicadas com o avançar da idade, a redução da perda de força progressiva e o aumento do equilíbrio, o que reduz o risco de quedas e fraturas. (ALLENDORF, 2016)

A atividade física aeróbia é caracterizada pelo trabalho da via aeróbia ou oxidativa, passando pelos processos de produção de ATP por meio do uso de carboidratos simples como a glicose. Basicamente, esse tipo de treinamento requer o consumo de mais oxigênio para suprir a demanda metabólica aumentada durante sua realização. (RÊGO, 2018)

O treinamento aeróbio possui diversas formas de realização, tais como a corrida, a caminhada, pular corda, andar de bicicleta, as quais dependem do objetivo e vontade do praticante. É essencial deixar claro que todas as práticas de atividade física aeróbia proporcionam o aumento do suprimento capilar, o que facilita o transporte de oxigênio aos músculos e, consequentemente, maior resistência muscular. (BEZERRA, 2019)

O exercício aeróbio regular reduz a pressão arterial clínica em idosos hipertensos, além de reduzir a pressão em idosos normotensos. Tal fato demonstra que a prática de atividade aeróbica constante permite a modificação do estilo de vida e, também, elevado valor para a prevenção primária da hipertensão. Em geral, ocorre o fenômeno da hipotensão pós-exercício, principalmente devido ao aumento do lúmen dos vasos durante as reações fisiológicas que ocorrem. (DOS SANTOS, 2023)

1.1 Benefícios da atividade física regular

A prática regular de exercícios físicos tende a reduzir os níveis de LDL (lipoproteína de baixa densidade) e triglicerídeos, além de aumentar os níveis do “colesterol bom”, o HDL (lipoproteína de alta densidade), o que reduz o risco da formação de placas de ateroma. Por conseguinte, esses efeitos também contribuem para a redução dos casos de obesidade, o que torna a atividade física um fator de risco modificável essencial para o controle de patologias cardiovasculares. (FAUSTINO, 2022)

Além disso, a osteoporose, doença metabólica representada pela redução da densidade mineral dos ossos também pode ter seus impactos reduzidos pela prática regular de atividade física. Isso ocorre porque o exercício aumenta a tensão óssea, levando à emissão de sinais que são detectados pelos osteócitos (células ósseas), o que provoca o aumento da renovação da matriz óssea, levando à maior resistência do osso. Dessa forma, os exercícios físicos podem ser uma alternativa útil no tratamento não farmacológico de pacientes com essa patologia. (DA SILVA, 2021)

A atividade física também se apresenta como uma importante medida não farmacológica para ser utilizada na conduta de tratamento da hipertensão arterial sistêmica (HAS). O exercício físico provoca a redução da pressão arterial e da frequência cardíaca em indivíduos hipertensos, aumentando o lúmen dos vasos (por meio da vasodilatação), e consequentemente reduzindo os efeitos sistêmicos da doença. Logo, a HAS pode ser tanto prevenida quanto ter seu tratamento melhorado por meio da prática regular. (LEITE, 2023)

A realização regular de exercícios físicos é crucial para o controle da diabetes porque provoca o aumento dos receptores celulares de insulina, levando à elevação da

sensibilidade a esse hormônio e, consequentemente, reduzindo a glicemia. O paciente diabético que pratica atividades físicas obtém maior estabilidade no tratamento com menos doses de insulina aplicada. Nesse contexto, a prática regular é uma medida não farmacológica essencial no tratamento dessa doença, principalmente da diabetes tipo 2, visto que essa é caracterizada pelo aumento da resistência à insulina. (TIETE, 2015)

O exercício físico (EF) provoca alterações transitórias no sistema imunológico, caracterizado pelo aumento de leucócitos na circulação, o que decorre principalmente do aumento do número de neutrófilos. Basicamente, isso ocorre devido à migração de células endoteliais para o sangue visando promover uma resposta inflamatória às lesões musculares provocadas pela prática. Em geral, esse processo ocorre durante a realização de atividade física aguda, representada pela ocorrência de carga súbita de EF. (BARBOSA, 2020)

O stress provocado pela prática de exercício físico produz efeito estimulador da função de macrófagos, como a quimiotaxia, a capacidade fagocítica e atividade citotóxica. Apesar de os mecanismos ainda serem desconhecidos, acredita-se que esse processo decorre do sistema neuroendócrino, atuando sobre o sistema imunológico devido à prática regular de atividades físicas. (RODRIGUES et al., 2020)

A realização de exercícios físicos também promove a redução da imunossenescência (envelhecimento imunológico), evitando a deterioração do sistema imunológico. Nesse sentido, com a prática adequada, pode ocorrer a redução de prejuízos como o aumento de infecções oportunistas e aumento da mortalidade a longo prazo. (NOBRE et al., 2020)

A saúde mental também é profundamente influenciada pela prática regular de atividades físicas, já que sua realização é essencial para a melhoria dos sintomas de ansiedade e depressão, além de ampliar emoções de caráter positivo como a felicidade e o aumento da sensação de bem-estar. Isso ocorre principalmente devido à liberação de hormônios como a endorfina e serotonina, os quais provocam a sensação de satisfação. Sendo assim, o exercício físico reduz os impactos negativos de problemas cotidianos com relação à saúde psicológica dos praticantes. (RAIOL, 2020)

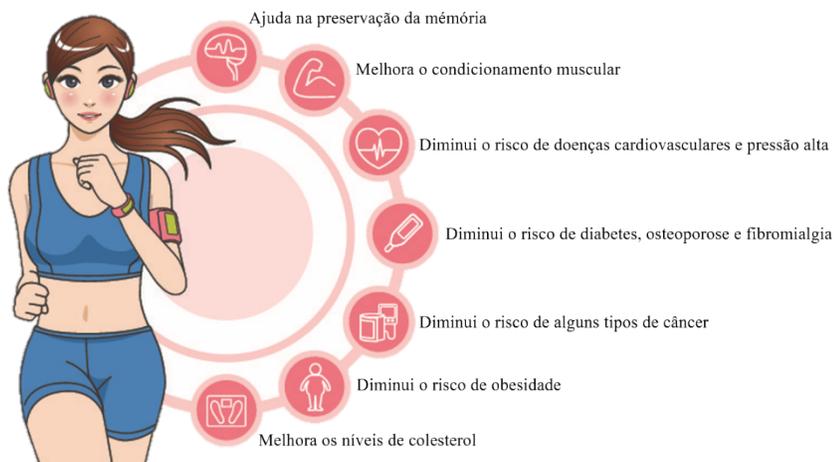



Figura 1: Benefícios das atividades físicas para o corpo e a mente

Fonte: Disponível em: https://www.vivermaisgsk.com.br

1.2 Epidemiologia de doenças cardiovasculares

Observou-se, entre 2000 e 2010, o aumento da prevalência de doenças cardiovasculares (DCV) em idosos em várias regiões do país. Em São Paulo, o valor subiu de 17,9% no ano 2000 para 22,2% em 2006 e, posteriormente, para 22,9% em 2010. Além disso, fatores de risco modificáveis para DCV, como o sedentarismo, foram associados ao aumento da faixa etária e, também, ao aumento do acometimento por essas doenças. (MASSA, 2019)

As doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no Brasil desde a década de 1960, tanto em homens quanto mulheres, em todas as regiões do país. Apresentam-se como responsáveis por cerca de 20% das mortes entre pessoas com mais de 30 anos, ocasionadas principalmente pela doença arterial coronariana, uma DCV. Sendo assim, essas patologias apresentam alta mortalidade, sendo frequentemente associadas ao descontrole em relação aos fatores de risco modificáveis. (DA SILVA PELLENSE, 2021)

O padrão de vida de brasileiros com doenças cardiovasculares, como a doença arterial periférica, é caracterizado pelo alto tempo gasto em práticas sedentárias e baixa dedicação à atividade física muscular vigorosa. Além disso, os jovens são mais propensos a aderir às recomendações de realização regular de exercícios físicos, obtendo maior benefícios para a saúde. (GERAGE, 2019)

A principal doença cardiovascular responsável pela mortalidade é a Doença Arterial Coronariana, com prevalência maior no sexo masculino e na região sudeste. O estado com maior quantidade de óbitos pela patologia é São Paulo, seguido pelo estado do Rio de Janeiro, atingindo, principalmente, pessoas com faixa etária entre 60 e 79 anos. Além disso, quanto à cor da pele, a maior ocorrência de mortes ocorreu entre as pessoas brancas,

entretanto apresenta padrão decrescente ao longo dos anos. (DA SILVA et al., 2022)

A maior mortalidade por DCV ocorre em regiões socioeconomicamente mais desenvolvidas, observando-se menores índices em locais com maior índice de pobreza. A renda per capita apresenta relação direta com a prevalência de doenças cardiovasculares e com a redução do número de doenças infecciosas, o que revela um padrão de desigualdade social. (AMARAL, 2019)

No Brasil, a prevalência de hipertensão arterial é mais comum em tabagistas, em quem não pratica atividades físicas e em analfabetos. No caso destes, observa-se o frequente agravamento dos casos de doenças cardiovasculares, principalmente pelo desconhecimento quanto às formas de prevenção e controle das doenças crônicas não transmissíveis. (WEHRMEISTER, 2022)

UF/região	2016 n (%)	2017 n (%)	2018 n (%)	2019 n (%)
Região Norte	18.263 (5,04)	18.976 (5,29)	19.232(5,38)	19.603 (5,38)
Rondônia	1951 (0.54)	1978 (0,56)	2088(0,58)	1981 (0,54)
Acre	844 (0.23)	868 (0,24)	924 (0,26)	956 (0,26)
Amazonas	3122 (0,86)	3097 (0,86)	3155 (0,88)	3322 (0,91)
Roraima	401 (0,11)	516 (0,14)	571 (0,16)	596 (0,16)
Pará	8931 (2,47)	9300 (2,59)	9458 (2,64)	9583 (2,63)
Amapá	593 (0,16)	627 (0,17)	694 (0,19)	719 (0,20)
Tocantins	2282 (0,63)	2481 (0,69)	2259 (0,63)	2337 (0,64)
Região Nordeste	93.883 (25,93)	95.582 (26,63)	93.731 (26,20)	96.244 (26,43)
Maranhão	10.437 (2,88)	10.707 (2,98)	10.187 (2,85)	10.569 (2,90)
Piauí	6395 (1,77)	6604 (1,84)	6468 (1,81)	6579 (1,81)
Ceará	14.457 (3,99)	15.621 (4,35)	15.485 (4,33)	15513 (4,26)
Rio Grande do Norte	5838 (1,61)	5535 (1,54)	5591 (1,56)	6132 (1,68)
Paraíba	8195 (2,26)	7814 (2,18)	7929 (2,22)	7733 (2,12)
Pernambuco	18.874 (5,21)	18.211 (5,07)	17.289 (4,83)	17951 (4,93)
Alagoas	6117 (1,69)	6202 (1,73)	5886 (1,65)	6251 (1,72)
Sergipe	3314 (0,92)	3225 (0,90)	3157 (0,88)	3196 (0,88)
Bahia	20.137 (5,56)	21.653 (6,03)	22.013 (6,15)	22283 (6,12)
Região Sudeste	171.186 (47,28)	167.849 (46,77)	167.213 (46,74)	170916 (46,94)
Minas Gerais	34.300 (9,47)	34.855 (9,71)	34.378 (9,61)	35414 (9,73)
Espírito Santo	6704 (1,85)	6974 (1,94)	6866 (1,92)	7065 (1,94)
Rio de janeiro	41.241 (11,39)	38.103 (10,62)	38.076 (10,64)	38854 (10,67)
São Paulo	88.998 (24,58)	87.915 (24,50)	87.880 (24,56)	89616 (24,61)
Região Sul	56.951 (15,73)	53.773 (14,98)	54.604 (15,26)	54161 (14,87)
Paraná	21.454 (5,93)	20.381 (5,68)	20.457 (5,72)	20399 (5,60)
Santa Catarina	11.506 (3,18)	10.873 (3,03)	11.263 (3,15)	11475 (3,15)
Rio Grande do Sul	23.985 (6,62)	22.531 (6,28)	22.940 (6,41)	22350 (6,14)
Região Centro-Oeste	21.858 (6,04)	22.702 (6,33)	22.990 (6,43)	23208 (6,37)
Mato Grosso do Sul	4964 (1,37)	4558 (1,27)	4944 (1,38)	4875 (1,34)
Mato Grosso	4209 (1,16)	4301 (1,20)	4445 (1,24)	4412 (1,21)
Goiás	9292 (2,57)	10.131 (2,82)	10.119 (2,83)	10445 (2,87)
Distrito Federal	3552 (0,98)	3821 (1,06)	3548 (0,99)	3526 (0,97)
Total	362.091 (100)	358.882 (100)	357.770 (100)	364.132 (100)

Tabela 1 - Mortalidade por doenças cardiovasculares nas regiões do Brasil.

Fonte: DA SILVA, 2022.

Faixa etária	2016 n (%)	2017 n (%)	2018 n (%)	2019 n (%)
0-9 anos	779 (0,11)	704 (0,20)	610 (0,17)	700 (0,19)
10-19 anos	967 (0,27)	867 (0,24)	779 (0,22)	776 (0,21)
20-39 anos	10127 (2,8)	9337 (2,60)	9170 (2,57)	9203 (2,53)
40-59 anos	62520 (17,28)	60220 (16,80)	59835 (16,74)	59738 (16,42)
60-79 anos	161593 (44,67)	160355 (44,72)	160978 (45,04)	163264 (44,88)
>80 anos	125780 (34,77)	127159 (35,47)	126116 (35,28)	130243 (35,80)
Ignorado	325 (0,09)	240 (0,07)	209 (0,06)	208 (0,06)
Total	362091 (100)	358882 (100)	357770 (100)	364132 (100)

Tabela 2 – Mortalidade por doenças cardiovasculares em cada faixa etária no Brasil.

Fonte: DA SILVA, 2022.

1.3 Envelhecimento populacional

O número de idosos (considerando as pessoas acima de 60 anos) na população brasileira era de 2,6 milhões em 1950, alcançou a marca de 29,9 milhões em 2020 e a previsão é de que chegue a 72,4 milhões em 2100. Por conseguinte, ocorre o achatamento da pirâmide etária, com a queda da natalidade e, também, da mortalidade, permitindo o aumento do número de pessoas em idade mais avançada. Nesse contexto, as doenças crônicas não transmissíveis constantemente relacionadas ao envelhecimento aumentam sua incidência e prevalência. (ALVES, 2019)

O envelhecimento com qualidade de vida é um dos maiores desafios da saúde pública, visto que doenças crônicas não transmissíveis, tais como a hipertensão arterial sistêmica, diabetes, osteoporose e obesidade se tornam mais frequentes. Os idosos costumam ser os mais expostos aos fatores de risco, como a inatividade física, o que reflete efeitos negativos para a saúde das pessoas na terceira idade. Dessa forma, a prática regular de atividade física é um auxiliar durante toda a vida, reduzindo o risco do aparecimento dessas patologias e, consequentemente, reduzindo a mortalidade. (SIMIELI, 2019)

O aumento da expectativa de vida populacional afeta, direta ou indiretamente, as diversas esferas de organização social, de saúde, econômica e política. As doenças crônicas e degenerativas, as quais são o principal perfil patológico com a inversão da pirâmide etária, provocam imensos prejuízos aos cofres públicos brasileiros, dificultando a evolução do desenvolvimento do sistema público de saúde. (LOUREIRO, 2019)

Observa-se, no contexto de saúde atual, a transição demográfica acompanhada da substituição do caráter patológico infeccioso-parasitário pelas doenças não transmissíveis crônico-degenerativas. Por conseguinte, ocorre o aumento da demanda pelo sistema público de saúde, além de possuírem tratamento mais prolongado e de recuperação mais lenta, o que exige maior investimento em tecnologia para ampliar a velocidade dos protocolos de tratamento. (SAAD, 2016)

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística prevê que o número de idosos no

país atinja a marca de 41,5 milhões até 2030. Em geral, o aumento da expectativa de vida ocorre em regiões cujo índice socioeconômico é maior, predominando em bairros mais ricos. A melhoria dos protocolos de tratamento no Brasil permite o aumento da longevidade na terceira idade, evitando a morte, principalmente, por doenças infecciosas. (DOS SANTOS SILVA et al., 2021)

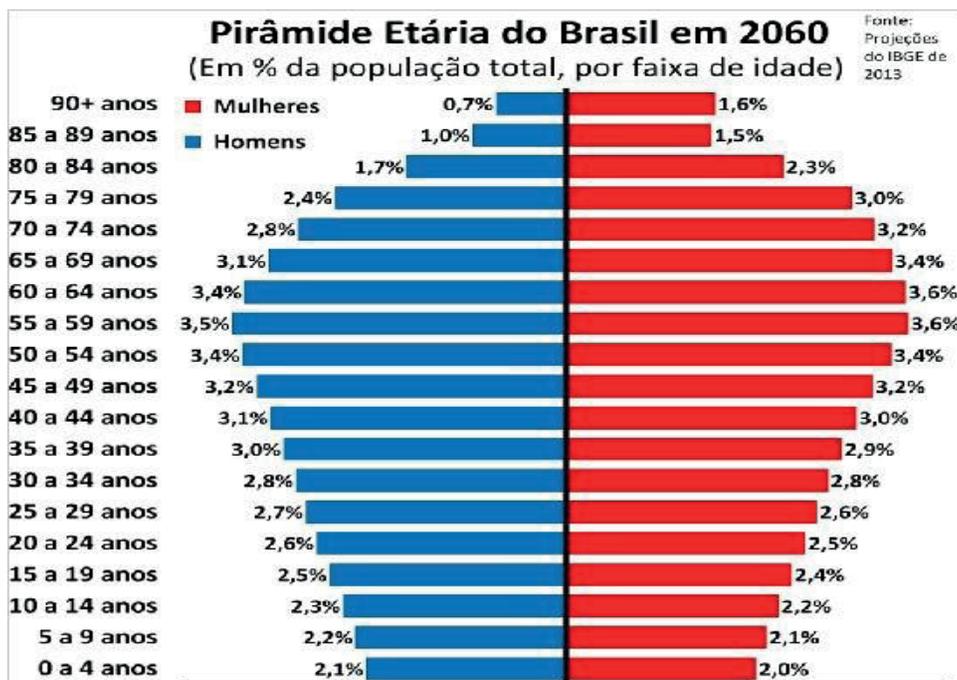



Figura 2: Projeto da pirâmide etária brasileira para 2060

Fonte: Disponível em: https://www.researchgate.net/

1.4 A atividade física escolhe o praticante

Conforme a inversão da pirâmide etária justificada pela redução da natalidade e mortalidade e, por conseguinte, o aumento do envelhecimento populacional, as doenças crônicas não transmissíveis passam a ocupar o papel principal em relação às doenças infecciosas e parasitárias. Observa-se, nesse sentido, que a redução dos fatores de risco pode prevenir essas doenças, sendo essencial a mudança das características passíveis de modificação, tais como a alimentação, o sedentarismo, a ingestão de álcool e o uso de tabaco. Dessa forma, a principal forma de combater essas patologias acaba sendo a prevenção, permitindo maior facilidade e menor despesas para a assistência em saúde pública. (OLIVEIRA, 2019)

Além disso, observa-se que, atualmente, as diretrizes internacionais de atividade física recomendam um objetivo de 150 minutos de prática semanal moderada. A OMS

também recomenda esse parâmetro, porém, com uma alteração: caso a atividade física seja vigorosa, 75 minutos semanais são suficientes para os efeitos de proteção cardiovascular e metabólica. O volume de atividade física necessário varia entre as possíveis patologias, porém o intervalo recomendado é forte o suficiente para cobrir a saúde em geral. (DE CARVALHO, 2019)

O desenvolvimento de medidas não farmacológicas que garantam melhor qualidade de vida, promovendo o envelhecimento de forma mais saudável continua sendo um desafio para os profissionais de saúde. Contudo, a prática de atividade física, mesmo que reduzida com o passar dos anos, acaba sendo exigida do corpo humano para que se alcance melhorias na saúde individual. Sendo assim, ao seguir as recomendações de regulação adequadas, ocorrem melhorias no bem-estar da população em geral. (DE FARIA COELHO RAVAGNANI, 2021)

A alta prevalência de doenças cardiovasculares no país e a consequente recomendação médica para a recomendação do controle dos fatores de risco modificáveis. Além disso, a necessidade de reduzir a prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, a qual passa por um constante aumento devido à inversão da pirâmide etária leva às campanhas de realização de atividade física, o que induz à prática por parte da população. Dessa forma, o indivíduo acaba sendo escolhido pela atividade física, tendo em vista seus benefícios e a busca pelo envelhecimento saudável. (FERREIRA, 2017)

Recomendação	Definição das metas recomendadas[a]
American College of Sports Medicine (ACSM)/2007	30 minutos de atividade física moderada, 5 dias por semana; ou 20 minutos de atividade física vigorosa, 3 dias por semana, em sessões de pelo menos de 10 minutos de duração
Organização Mundial da Saúde (OMS)/2010	150 minutos de atividade física moderada ou 75 minutos de atividade física vigorosa por semana em sessões de pelo menos 10 minutos de duração
Institute of Medicine (IOM)/2004	60 minutos de atividade física moderada todos os dias da semana
União Europeia/2008	30 minutos de atividade física moderada todos os dias da semana
Advisory Committee on International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)/2005	30 minutos de atividade física moderada 5 ou mais dias por semana; 20 minutos de atividade física vigorosa 3 ou mais dias por semana; ou qualquer combinação de intensidade, desde que atinja o mínimo de 600 MET-minutos/semana

[a] Inativo: para todas as recomendações, foram consideradas inativas as pessoas que não praticam nenhuma quantidade de atividade física. Ativo insuficiente: quando realiza atividade física abaixo do nível recomendado; para cada diretriz, o nível recomendado é diferente, conforme descreve a definição. Ativo: quando alcança as metas recomendadas. Muito ativo: quando ultrapassa as metas recomendadas.

Tabela 3. Recomendação de exercícios Físicos segundo organizações mundiais

Fonte: https://www.passeidireto.com/

REFERÊNCIAS

ALLENDORF, Diego Brum et al. Idosos praticantes de treinamento resistido apresentam melhor mobilidade do que idosos fisicamente ativos não praticantes. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 24, n. 1, p. 134-144, 2016.

ALVES, José Eustáquio Diniz. Envelhecimento populacional no Brasil e no mundo. **Revista Longeviver**, 2019.

AMARAL, Thatiana Lameira Maciel et al. Estudo das doenças crônicas (EDOC): aspectos metodológicos. **Revista de Saúde Pública**, v. 53, 2019.

BEZERRA, Juciléia Barbosa et al. Influência do treinamento aeróbio sobre a composição corporal de mulheres obesas ou com sobrepeso. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 18, n. 3, p. 129-135, 2019.

BONIFÁCIO, Bruna et al. Relação entre exercício físico e sistema imunológico. **F* NVOPMPHJB**, v. 5, n. 4, p. 361, 2021.

DA CRUZ JOBIM, Fátima Angelina Rondis; DA CRUZ JOBIM, Eduardo Furtado. Atividade física, nutrição e estilo de vida no envelhecimento. **Journal of Health Sciences**, v. 17, n. 4, 2015.

DA SILVA PELLENSE, Márcia Cunha et al. Avaliação da mortalidade por doenças cardiovasculares no brasil: uma série temporal de 2015 a 2019. **Verista Ciência Plural**, v. 7, n. 3, p. 202-219, 2021.

DA SILVA, Barbara Beatriz Lira et al. A influência da atividade física para a prevenção e tratamento da osteoporose: revisão integrativa. **Research, Society and Developme**nt, v. 10, n. 11, p. e479101119968-e479101119968, 2021.

DA SILVA, Filipe Nathan dos Santos et al. Efeitos do treinamento resistido em idosos sarcopênicos e coadjuvante uso de substâncias ergogênicas como esteroides anabólicos e suplementos nutricionais. **Brazilian Journal of Technology**, v. 3, n. 4, p. 116-129, 2020.

DA SILVA, Matheus Vinicius Barbosa et al. Caracterização do perfil epidemiológico da mortalidade por doenças cardiovasculares no Brasil: um estudo descritivo. **Enfermagem Brasil**, v. 21, n. 2, p. 154-165, 2022.

DE FARIA COELHO-RAVAGNANI, Christianne et al. Atividade física para idosos: Guia de Atividade Física para a População Brasileira. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 26, p. 1-8, 2021.

DE OLIVEIRA SANTOS, Givanildo; BAGESTÃO, Vinícius Silva; DA SILVA, Sebastião Lobo. Efeitos dos exercícios físicos em crianças e adolescentes. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 8903-8915, 2021

DE SOUZA, Thayná Maria Amorim et al. OS BENEFÍCIOS DA MUSCULAÇÃO PARA O EMAGRECIMENTO. **Revista Faipe**, v. 12, n. 1, p. 75-84, 2022.

DOS SANTOS SILVA, Aline et al. Envelhecimento populacional: realidade atual e desafios. **Global Academic Nursing Journal**, v. 2, n. Sup. 3, p. e188-e188, 2021.

DOS SANTOS, José Cristiano Faustino; DE ALBUQUERQUE SILVA, Jadson José; CARVALHO, Paulo Roberto Cavalcanti. Efeitos de um treinamento de força e combinado em idosos com hipertensão arterial. **RBPFEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 17, n. 107, p. 55-61, 2023.

FAUSTINO, Andréa Mathes; NEVES, Rui. Atividade física e envelhecimento ativo: Diálogos Brasil–Portugal. **Revista Contexto & Saúde**, v. 22, n. 46, p. e13323-e13323, 2022.

FERREIRA, Jerry Deyvid Freires et al. Fatores de risco para doenças cardiovasculares em idosos**. Rev. enferm. UFPE on line**, p. 4895-4905, 2017.

GERAGE, A. M. et al.. Physical Activity Levels in Peripheral Artery Disease Patients.

Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 113, n. 3, p. 410–416, set. 2019.

LEITE, André Matheus Carvalho Silva et al. Atualizações do impacto da atividade física na hipertensão arterial sistêmica. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 3, p. 13092-13099, 2023.

LIMA, Dartel Ferrari; DO CARMO LUIZ, Olinda. Atividade física na promoção da saúde: uma avaliação das diretrizes Physical activity in health promotion: a evaluation of the guidelines, 2015.

LOUREIRO, Armando de Paulo Ferreira. Desafios do envelhecimento populacional: por uma educação permanente participada. **Laplage em revista**, v. 5, n. 2, p. 42-49, 2019.

MASSA, Kaio Henrique Correa; DUARTE, Yeda Aparecida Oliveira; CHIAVEGATTO, Alexandre Dias Porto. Análise da prevalência de doenças cardiovasculares e fatores associados em idosos, 2000-2010. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 105-114, 2019.

NOBRE, Maria Eduarda Wanderley et al. IMUNOSSENESCÊNCIA: papel do exercício físico no retardo do envelhecimento imunológico. In: **Anais do Congresso de Geriatria e Gerontologia do UNIFACIG**. 2020.

OLIVEIRA, Anderson Silva. Transição demográfica, transição epidemiológica e envelhecimento populacional no Brasil. Hygeia-**Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 32, p. 69-79, 2019.

RAIOL, Rodolfo A. Praticar exercícios físicos é fundamental para a saúde física e mental durante a Pandemia da COVID-19. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 2, p. 2804-2813, 2020.

RÊGO, Maria Luíza de Medeiros; CABRAL, Daniel Aranha Rego; FONTES, Eduardo Bodnariuc. Déficit cognitivo na insuficiência cardíaca e os benefícios da atividade física aeróbia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 110, p. 91-94, 2018.

RODRIGUES, Rafael Vilar et al. Sistema imunológico e exercícios físicos: benefícios e impactos. **Clinical and biomedical research**. Porto Alegre, 2020.

SAAD, Paulo M. Envelhecimento populacional: demandas e possibilidades na área de saúde. **SERIES DEMOGRÁPHICAS**, v. 3, p. 153-166, 2016.

SIMIELI, Isabela; PADILHA, Letícia Aparecida Resende; DE FREITAS TAVARES, Cristiane Fernandes. Realidade do envelhecimento populacional frente às doenças crônicas não transmissíveis. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 37, p. e1511-e1511, 2019.

TIETE, Aylen Vinicius Costa Coelho; MASCARENHAS, Luis Paulo Gomes; DE SOUZA, William Cordeiro. A importância da atividade física para os portadores de diabetes mellitus. **Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida-CPAQV Journal**, v. 7, n. 1, 2015.

WEHRMEISTER, Fernando C.; WENDT, Andrea T.; SARDINHA, Luciana. Iniquidades e doenças crônicas não transmissíveis no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, p. e20211065, 2022.

CAPÍTULO 3

O SISTEMA CARDIOVASCULAR FRENTE A EXERCÍCIO AERÓBICO E RESISTIDO

Data de aceite: 01/09/2023

Carla Bruna Amorim Braga
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-3892-1764

Isadora Maria de Aguiar Silva Santana
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-2554-0604

Yngrid pereira de Santana e Silva
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-5799-688X

Marcelo Victor Pereira
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-8128-1702

Gabriel Adler Rocha Gomes
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-2967-2084

João Paulo Viana Araújo Segundo
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0009-0003-2275-0814

Tarcísio Ramos de Oliveira
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-7434-7088

Vinicius Sousa Barbosa
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-7845-7145

Rodrigo Guimarães Vieira de Carvalho
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cardiologia SBC-AMB
https://orcid.org/0009-0002-9608-1783

Carlos Alberto Alves Dias Filho
https://orcid.org/0000-0003-1181-6411
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Laboratório de Adaptações Cardiovasculares ao Exercício – LACORE (UFMA), São Luís, Brasil
Docente da Faculdade Santa Luzia- Santa Inês - MA
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cardiologia SBC-AMB
Laboratório de Adaptações Cardiorrenais ao Exercício Físico - LACE

1 I RELAÇÃO DO EXERCÍCIO FÍSICO COM O SISTEMA CARDIOVASCULAR (SCV)

Há cerca de 50 mil anos, a espécie humana surgiu e, desde o início, adotou um estilo de vida que envolvia a prática regular de atividades físicas para garantir alimentos, locomoção e cumprir tarefas laborais. No entanto, nos últimos tempos, o avanço da tecnologia modificou os hábitos dos indivíduos, tornando-os mais sedentários (ANDRADE; LIRA, 2016).

Paralelo a isso, doenças cardiovasculares emergiram como a principal causa de morte no mundo (GUIMARÃES, 2022). Nesse contexto, evidencia-se uma relação direta entre exercício físico e bem estar, uma vez que o sedentarismo é o fator de risco cardiovascular mais prevalente e um dos principais contribuintes para a mortalidade global. Existe uma conexão direta entre o tempo gasto sentado e o aumento dos níveis de pressão arterial, bem como a mortalidade de doenças cardiovasculares (CARVALHO, 2020).

As doenças cardíacas causam diversas restrições na qualidade de vida dos indivíduos, abrangendo aspectos físicos, sociais, financeiros e de saúde, sendo responsáveis por metade de todas as mortes relacionadas a doenças não transmissíveis. Isso ocorre devido ao papel vital no qual o sistema cardiovascular, que consiste no coração e nos vasos sanguíneos, desempenha na regulação do equilíbrio interno de todos os sistemas corporais (STEVENS, 2018).

Ele exerce essa função tanto em momentos de repouso, quanto durante períodos de atividade física intensa. Para isso, esse sistema possui características morfológicas e mecanismos compensatórios que permitem uma resposta ágil e eficiente às diversas alterações que o organismo enfrenta em diferentes episódios de atividade física (BOTER;PECOLI NETO; TESTA JUNIOR, 2020).

O exercício físico, categoria específica dentro do amplo espectro da atividade física, compreende todas as atividades físicas estruturadas, intuitivas e repetitivas, realizadas com o objetivo de promover a melhoria da saúde e a manutenção de um ou mais componentes da fisioterapia (CARDOSO, 2020). Classicamente, o exercício físico pode ser categorizado em dois tipos: isotónico ou dinâmico e isométrico ou estático. Sendo o primeiro típico dos desportos de resistência e o segundo característico dos desportos de força (COSTA, 2019).

O exercício físico também pode ser classificado em: aeróbico, de caráter contínuo e que envolva grandes grupos musculares; anaeróbico, curta duração e maior intensidade; resistido, realizado com imposição de resistência contra algo; de equilíbrio, desenvolvem o controle posicional do paciente em relação ao seu corpo; de flexibilidade, objetiva estender os limites de movimentação; de treinamento, feita com o propósito de melhorar o condicionamento físico ou a saúde; e treinamento intervalado de alta intensidade (HITT), um tipo de atividade física na qual se realizam alternâncias entre exercícios de alta e baixa intensidade (ARAUJO, 2023).

Durante a prática de exercícios físicos, uma das principais funções do sistema cardiovascular é garantir o fornecimento adequado de oxigênio e nutrientes essenciais aos músculos em atividade. Esse processo é alcançado através de um aumento significativo no fluxo sanguíneo direcionado aos músculos durante o exercício. Por conseguinte, a dilatação dos vasos sanguíneos aumenta o retorno venoso e o volume sistólico (GUYTON; HALL, 2017).

É essencial destacar que diferentes modalidades de exercício promovem reações distintas, o que está diretamente relacionado à presença de componentes isotônicos e isométricos em proporções diferentes. Nas modalidades em que os exercícios isotônicos predominam, como ciclismo, corrida de longa distância e natação, geralmente observa-se um aumento mais significativo do débito cardíaco, enquanto a resistência vascular periférica não sofre grandes alterações (RAO et al., 2022).

Por outro lado, no caso do exercício com predominância de componentes isométricos, como no treinamento resistido, é observada uma maior alteração na resistência vascular periférica, enquanto o débito cardíaco apresenta leve aumento. Comprovando a relação direta entre exercício físico e funcionamento do sistema cardiovascular (RAO et al., 2022).

2 I INFLUÊNCIA DO EXERCÍCIO AERÓBICO SOBRE O SCV

2.1 Conceito

O exercício aeróbio compreende contrações musculares realizadas de forma dinâmica, geralmente envolvendo grupos musculares amplos. Dentro da variedade de tipos de exercício aeróbio, incluem-se atividades como caminhar, correr, remar, dançar e nadar. Esses exercícios satisfazem respostas abrangentes e precisas do sistema cardiovascular, o que contribui para o suprimento de oxigênio (O2) e nutrientes aos músculos durante o exercício, além da eliminação de subprodutos metabólicos celulares (GUYTON; HALL, 2017).

Durante a prática de exercícios físicos, ocorrem ajustes hemodinâmicos que são essenciais para garantir uma perfusão tecidual adequada e a manutenção da pressão arterial dentro dos limites aceitáveis. Nesse sentido, as áreas neurais do sistema nervoso central processam as informações provenientes dos receptores sensoriais e recebem respostas que promovem ajustes na frequência cardíaca, no retorno venoso e na redistribuição do fluxo sanguíneo (PITHON-CURI, 2013).

Dessa maneira, pessoas que estão regularmente envolvidas em treinamento aeróbico apresentam um menor risco de desenvolver doença coronariana, hipertensão, acidente vascular cerebral, diabetes, obesidade, vários tipos de câncer, osteoporose, ansiedade e depressão (HARTMANN et al., 2021). A recomendação da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) é que todos os adultos, incluindo aqueles que vivem com doenças crônicas ou incapacidades, realizem de

150 a 300 minutos de atividade aeróbica moderada a vigorosa por semana. Para crianças e adolescentes, a recomendação é de, aproximadamente, 60 minutos por dia de atividade física (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2021).

2.2 Metabolismo aeróbico

O metabolismo aeróbio é responsável por regenerar a sinalização de adenosina trifosfato (ATP) por meio da utilização de substratos, como glicose, lipídios e proteínas, por meio de reações químicas como glicólise/glicogenólise, beta-oxidação, desaminação/transaminação, ciclo de Krebs e cadeia de transporte de elétrons. Nesse processo complexo, o oxigênio (O2) desempenha o papel de aceptor final de elétrons no metabolismo mitocondrial e é um fator determinante para a ressíntese de ATP, juntamente com outros elementos. Portanto, à medida que a intensidade do exercício aeróbio aumenta, ocorre um maior gasto de energia, uma taxa de ressíntese de ATP mais elevada e um aumento no consumo de oxigênio (HARGREAVES, 2020).

Durante a realização do exercício, o músculo consome rapidamente o oxigênio disponível e passa a utilizar o ATP provenientes de sua reserva, o fosfato de creatina. O metabolismo aeróbio é mantido através de proteínas transportadoras de oxigênio, a mioglobina muscular e a hemoglobina (SILVERTHORN, D., 2017).

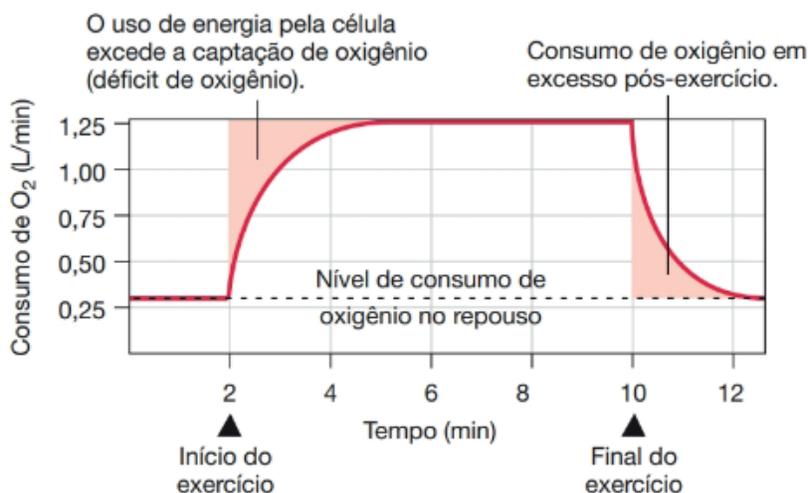



Figura 1: Exercício e consumo de oxigênio

Fonte: Silverthorn, D., 2017.

O aumento do consumo máximo de oxigênio (V̇O2máx), que pode ser observado tanto em repouso quanto durante o exercício, é um dos principais indicadores de saúde cardiorrespiratória e desempenho aeróbio atlético. O V̇O2máx é calculado usando a

prescrição de Fick, que determina a taxa na qual o oxigênio é consumido pelos tecidos corporais. Durante o exercício, a demanda de oxigênio dos tecidos ativos aumenta naturalmente (HARTMANN et al, 2021).

$$VO2\ máx. = VE \times FC \times diferença\ a\text{-}\ VO2\ máx.$$

Associado ao aumento da demanda tecidual de O2, ocorre simultaneamente elevação da frequência cardíaca (FC) e da ventilação por minuto. Entretanto, em jovens adultos, público em que a frequência cardíaca se mantém na média estimada, o principal determinante dos diferentes valores obtidos de Vo2 máximo entre os indivíduos é o volume sistólico, que sofre modificação perante alterações estruturais nas paredes ventriculares (JOYNER; DOMINELLI, 2021).

2.3 Alterações morfofuncionais

Anatomicamente, o treinamento por meio de modalidades de exercício predominantemente aeróbicas, como em atletas de resistência, resulta em hipertrofia ventricular relacionada à sobrecarga volumétrica. Por exemplo, durante uma corrida de longa distância, o aumento do retorno venoso leva a um maior volume diastólico final (ANDRADE; LIRA., 2016).

Esse estresse mecânico de enchimento dos ventrículos com um maior volume de sangue em comparação ao resto resulta em uma sobrecarga de volume que, quando repetida ao longo do tempo, leva à hipertrofia excêntrica das câmaras cardíacas (SÁ; DORES, 2020). Tal hipertrofia resulta em um aumento do volume sistólico e da secreção de ejeção, pois o ventrículo esquerdo adquire uma maior capacidade volumétrica e é capaz de ejetar mais sangue a cada contração. Em média, o volume sistólico de repouso ultrapassa 70 para 100 ml em homens e 60 para 80 ml em mulheres (ANDRADE; LIRA., 2016).

Justificando, portanto, o motivo pelo qual os maratonistas podem atingir um débito cardíaco máximo, que é cerca de 40% maior do que aqueles alcançados por pessoas não treinadas, sendo provavelmente, o benefício fisiológico mais importante alcançado pelo seu programa de treinamento (GUYTON; HALL, 2017).

2.4 Efeitos do sistema nervoso autônomo sobre a condução cardíaca

O sistema especializado responsável pela excitação e condução do coração é composto por diferentes componentes. O nó sinoatrial (SA) é responsável por gerar o estímulo elétrico rítmico normal. Existem também as vias internodais, que estão localizadas entre os átrios e os ventrículos. O nó atrioventricular (AV) e o feixe de His (também conhecido como fascículo atrioventricular) são responsáveis por conduzir os estímulos elétricos dos átrios para os ventrículos. Além disso, existem as fibras de Purkinje, que são

ramos subendocárdicos e conduzem os estímulos elétricos por todos os tecidos cardíacos dos ventrículos direito e esquerdo (PORTH, C.M.; MATFIN, G., 2010).

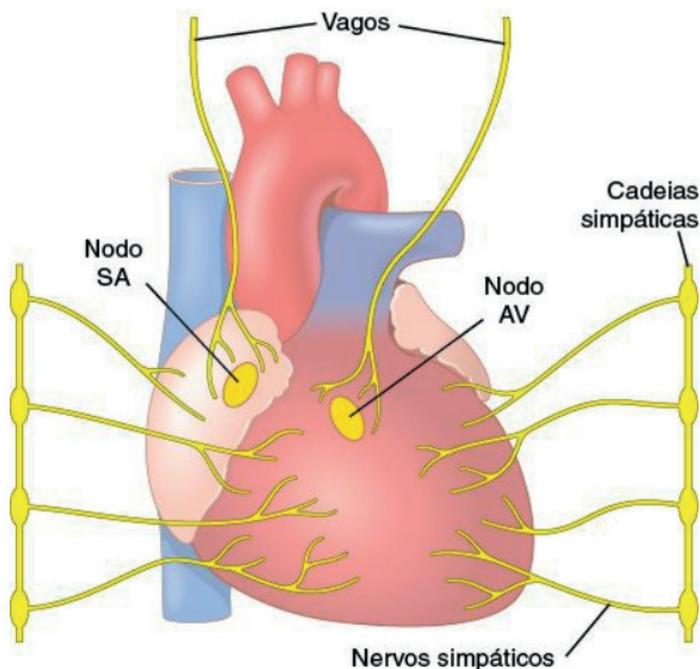



Figura 2: Sistema de condução do coração e inervação simpática e parassimpática.

Fonte: GUYTON; HALL, 2017.

O coração recebe inervação de ramos simpáticos e parassimpáticos que pertencem ao Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Estes participam da regulação de funções involuntárias do organismo, como o controle da frequência cardíaca e do diâmetro de vasos sanguíneos. O parassimpático predomina em situações de calmaria e repouso e o simpático em situações de estresse físico e psicológico. Em repouso, a ação do parassimpático é alta e a do ramo simpático baixa, dessa forma a frequência cardíaca mantém-se em valores baixos. No momento de preparação e durante o exercício ocorre diminuição imediata da atividade vagal, fazendo com que a FC aumente rapidamente (ANDRADE; LIRA., 2016).

Apesar da FC aumentar durante o treino, a prática do exercício aeróbico promove a diminuição da frequência cardíaca em repouso (bradicardia de repouso) através do aumento da atividade parassimpática e redução da atividade simpática. Uma vez que a estimulação dos nervos parassimpáticos para o coração (nervos vagos) faz com que a acetilcolina seja liberada nas terminações vagais. Esse neurotransmissor tem dois efeitos principais sobre o coração. Primeiro, ele diminui a taxa de ritmo do nó sinusal e, segundo, diminui a excitabilidade das fibras de junção AV (atrioventricular) entre a musculatura

atrial e o nó AV, retardando, assim, a transmissão do impulso cardíaco para os ventrículos (GUYTON; HALL, 2017).

Esses efeitos são possíveis uma vez que a acetilcolina atua no aumento da permeabilidade da membrana a íons de potássio (K+), o que permite o vazamento rápido desse íon para fora das fibras de condução e aumenta a negatividade dentro das células, deixando-as em um estado de hiperpolarização. Assim, para alcançar o limiar e iniciar o potencial de ação, a célula encontra maior dificuldade e se torna menos excitável. O potencial de repouso das fibras sinusais passa para a faixa de -65 a -70, ao invés de -55 a -60 milivolts, que são os valores normais de potencial de membrana (GUYTON; HALL, 2017).

Esse mecanismo reflete como o sistema nervoso autônomo atua sobre os disparos do nodo sinusal em diferentes situações, atuando diretamente sobre a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC). Assim, uma alta VFC em repouso indica que está ocorrendo uma adaptação dos mecanismos autonômicos antes, durante e após a realização de exercícios físicos, com grande flexibilidade entre os valores de frequência (GUIMARÃES et al., 2022).

2.5 Alterações endoteliais

A prática regular de exercícios físicos também aumenta o estresse tangencial causado pela fricção do fluxo sanguíneo na parede dos vasos (força de cisalhamento ou "shear stress"). Essa estimulação aumenta a produção de enzimas antioxidantes e agentes vasodilatadores, e reduz a ação dos radicais livres, citocinas pró-inflamatórias, moléculas de adesão e agentes vasoconstritores. Esses efeitos combinados ajudam a restabelecer o equilíbrio no funcionamento do tecido endotelial, o que comprova a influência do exercício no manejo e na prevenção de doenças cardiovasculares (DCV), como a Hipertensão Arterial, sendo o aeróbico o que proporciona, comprovadamente, maior benefício na redução da PA em pacientes hipertensos (CARVALHO, 2020).

Nesse processo, os vasos sanguíneos sofrem alterações compensatórias, tanto nas artérias de grande calibre (reduzindo a resistência arterial e melhorando a função endotelial), quanto nas arteríolas (diminuindo a relação entre a espessura da parede e o diâmetro interno do vaso) e nos capilares, estimulando o processo de formação de novos vasos sanguíneos, conhecido como angiogênese. Esse mecanismo permite maior oferta de oxigênio, e o diâmetro arterial aumenta para minimizar a resistência ao fluxo sanguíneo (BOTER;PECOLI NETO; TESTA JUNIOR, 2020).

3. EXERCÍCIO RESISTIDO (ER)

3.1 Conceito

Os exercícios contra resistência consistem em contrações musculares dinâmicas ou estáticas realizadas em oposição a uma carga específica. Essas contrações podem envolver tanto pequenos como grandes grupos musculares. O objetivo principal do treinamento resistido é aprimorar as capacidades treinadas, como sentar, levantar, agachar e mover-se, a fim de prevenir lesões, corrigir posturas e manter um nível adequado de preparação física de acordo com as necessidades individuais de cada pessoa (DA SILVA et al., 2022).

3.2 Metabolismo e alterações hemodinâmicas

A energia necessária para a execução desse tipo de exercício é principalmente derivada das reservas de ATP e fosfocreatina presentes nos músculos, juntamente com a ressíntese de ATP por meio do metabolismo anaeróbio lático. Consequentemente, o fornecimento de oxigênio pelo sistema cardiovascular e metabolismo aeróbio não são essenciais para a realização desse tipo de exercício (ANDRADE; LIRA, 2016).

O ER desencadeia o recrutamento de fibras musculares do tipo II, as quais dependem principalmente da via glicolítica como fonte de energia (SCHRANNER et al., 2020). Durante a contração muscular, ocorre uma resistência mecânica nos músculos e nos vasos periféricos, levando a uma hipóxia fisiológica. Isso resulta em um maior recrutamento de fibras musculares específicas. Esse mecanismo de restrição causa uma redução na perfusão sanguínea dos músculos e um aumento na resistência periférica total (RPT). De forma compensatória, o sistema nervoso simpático aumenta sua atividade, assim como o débito cardíaco (DC) e a pressão arterial média (PAM) (FECCHIO et al., 2021).

Em virtude disso, durante o exercício ocorre o aumento da Pressão Arterial (PA), sabendo-se que a pressão arterial é calculada pelo produto do Débito Cardíaco e Resistência Vascular Periférica. Além do aumento da PAM em decorrência da compressão mecânica das contrações musculares sobre os vasos sanguíneos que as perfundem. Nos exercícios com levantamento de peso, essa pressão aumenta mais ainda, devido a presença de pressões adicionais, como a pressão intratorácica e intra-abdominal (PORTH, C.M.; MATFIN, G., 2010).

Apesar do exercício resistido causar um grande aumento na pressão arterial no exercício, uma revisão de 28 estudos mostrou que o treinamento com esse tipo de exercício resulta em uma redução crônica da pressão arterial sistólica e diastólica, sem afetar o coração em respiração. Essa diminuição da pressão arterial em repouso é observada até mesmo após uma única sessão de exercício resistido, conhecida como efeito hipotensor do exercício. No entanto, ainda há poucos dados disponíveis sobre os efeitos do treinamento resistido sobre o volume de ejeção e a resistência vascular periférica em repouso e durante o exercício (ANDRADE; LIRA, 2016).

3.3 Hipertrofia cardíaca

Estruturalmente, o treinamento resistido, como a musculação, ocasiona a hipertrofia cardíaca concêntrica na musculatura da parede do ventrículo esquerdo. Durante a execução de exercícios resistidos ocorrem picos de pressão arterial. Portanto, a força de contração do ventrículo esquerdo precisa ser suficientemente grande para superar a pressão aórtica e tomar sangue para o sistema. Essa sobrecarga tensional resulta no espessamento do septo entre os ventrículos e no espessamento da parede do ventrículo esquerdo (ANDRADE; LIRA., 2016).

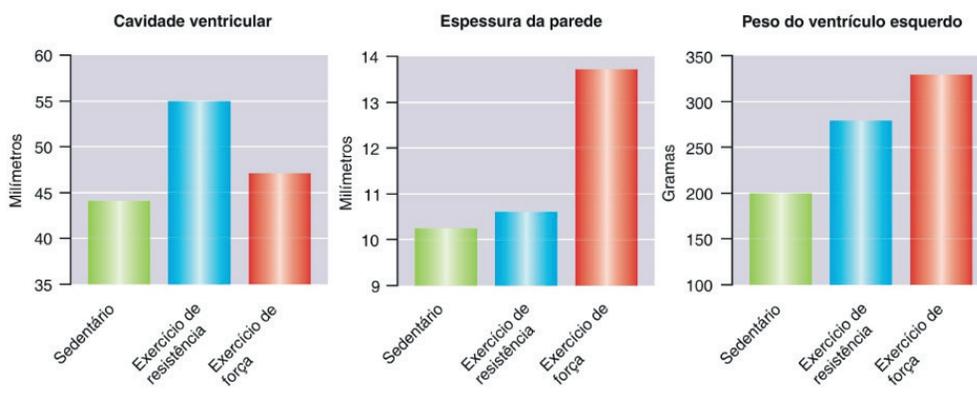



Figura 3: Adaptações na cavidade ventricular com o exercício aeróbico e resistido.

Fonte: PITHON-CURI, 2013.

3.4 Efeitos sobre a PA

Foi verificado que um programa de treinamento resistido pode gerar melhora no metabolismo, nos níveis lipídicos séricos (com redução dos níveis de LDL e aumento de HDL) e na qualidade de vida de pacientes cardiopatas (KNOOR; LEONARDO V., 2019).

Os exercícios de resistência, também têm um efeito anti-hipertensivo, seguem na preservação ou no aumento da massa muscular, força e potência, o que reduz a intensidade necessária relativa para a realização de tarefas alcançadas. Isso resulta em uma resposta pressórica mais suave, além de possivelmente melhorar a sensibilidade barorreflexa (CARVALHO, 2020).

Autor	Séries	Carga	Exercício	Pré	Pós
Terra, et al., 2008	3 séries de 12, 10 e 8 repetições	A cada 4 semanas aumento de 10% de 1RM começando com 60%	MMSS; MMII	PAS: 125,2 mmHg	PAS: 114,7 mmHg
Krinski, et al., 2008	3 séries de 12 repetições	50% de 1RM para cada exercício	MMSS; MMII	PAS: 150,2 mmHg PAD: 92,5mmHg	PAS: 146,6 mmHg PAD: 87,1mmHg
Brito, et al., 2013	30 repetições e cadência de 2s na fase excêntrica	40% e 60% 1RM	MMII	*Protocolo 40%:* PAS: 138 mmHg *Protocolo 60%:* PAS: 138 mmHg	*Protocolo 40%:* PAS: 118 mmHg *Protocolo 60%:* PAS: 117 mmHg
Silva, et al., 2015	1 ou 3 séries, de 10 repetições	50% de 1RM	MMSS; MMII	PAS (1 série): 130 mmHg PAS (3 séries): 130 mmHg PAD (3 séries): 85 mmHg	PAS (1 série): 120 mmHg PAS (3 séries): 110 mmHg PAD (3 séries): 70 mmHg
Guimarães, et al., 2018	8 séries de 10-12 repetições bi-set	Carga de acordo com o indivíduo	MMSS; MMII	PAS: 150 mmHg PAD: 90 mmHg.	PAS: 123,1 mmHg PAD: 70,0 mmHg

Legenda: ER: exercício resistido, PAS: pressão arterial sistólica, PAD: pressão arterial diastólica, MMSS: membros superiores, MMII: membros inferiores, mmHg: milímetros de mercúrio.

Tabela 1- Mostra os resultados obtidos a partir de uma revisão de literatura, por meio da qual foi observada uma redução nos níveis de PA com a prática de exercício resistido, padrão visto em diferentes estudos.

Fonte: DE OLIVEIRA, 2019.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Márcia dos S.; LIRA, Claudio André Barbosa de. Fisiologia do exercício. Barueri, SP: **Editora Manole**, 2016.

ARAUJO, W. Exercício Físico na Saúde e nas Doenças Cardiovasculares**.** Rio De Janeiro, RJ: **Thieme Revinter,** 2023.

BOTER, Diogo Fernando; PECOLI NETO, Luiz; TESTA JUNIOR, Ademir. Adaptações cardiovasculares subsequententes aos exercícios físicos aeróbios ou resistidos. **Revista MotriSaúde**, [S.l.], v. 2, n. 1, nov. 2020.

CARDOSO, Thiago Santos et al. Efeitos crônicos da prática do exercício físico na variabilidade da frequência cardíaca em idosas com diabetes mellitus tipo 2. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 28, n. 2, 2020.

CARVALHO, Tales de et al. Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular–2020. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 114, p. 943-987, 2020.

COSTA, Margarida João Martins. **Coração de atleta-saúde ou doença?**. 2019.

DA SILVA, Helbert Lopes Nunes et al. O benefício do exercício físico para idosos portadores de hipertensão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, p. e146111536826-e146111536826, 2022.

DE OLIVEIRA, Allana Lopes et al. Efeito do exercício resistido nas variáveis de frequência cardíaca e pressão arterial de indivíduos hipertensos: Revisão de Literatura/Effect of resistant exercise on heart rate variables and blood pressure of hypertense individuals: Literature Review. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 6, p. 5789-5800, 2019.

FECCHIO, Rafael Y. et al. Potential mechanisms behind the blood pressure–lowering effect of dynamic resistance training. **Current Hypertension Reports**, v. 23, n. 6, p. 35, 2021.

GOMES, João Victor Souza et al. Respostas hemodinâmicas agudas durante exercícios resistidos associados à restrição do fluxo sanguíneo: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e19611830761-e19611830761, 2022.

GUIMARÃES, Marco. Cuidados com o coração: Doenças cardiovasculares: principal causa de morte no mundo pode ser prevenida. In: MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Gov.br**. [S. l.], 27 set. 2022.

GUIMARÃES, T. T. et al. Excesso de exercício físico? [s.l.] **Brazilian Journals Editora**, 2022.

GUYTON, Arthur C.; HALL, John E., Tratado de fisiologia médica. 13º ed. Rio De Janeiro: **Editora Elsevier Ltda,** 2017.

Hargreaves, M., Spriet, LL Metabolismo energético do músculo esquelético durante o exercício. ***Nat Metab*** 2 , 817–828, 2020.

HARTMANN, Cassio et al. Alterações fisiológicas cardiovasculares e respiratórias provocados pelo treinamento aeróbico na prática de educação física adaptada e esporte adaptado: alterações fisiológicas cardiovasculares e respiratórias provocados pelo treinamento aeróbico na prática de educação física adaptada e esporte adaptado. **CPAH Science Journal of Health**, v. 4, n. 2, 2021.

JOYNER, M. J.; DOMINELLI, P. B. Central cardiovascular system limits to aerobic capacity. **Experimental physiology**, v. 106, n. 12, p. 2299–2303, 2021.

KNOOR, Leonardo Vinicius. **Benefícios do treinamento resistido em indivíduos cardiopatas.** 2019. 31 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física Bacharelado) – Universidade Pitágoras Unopar, Arapongas, 2019.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Ministério da Saúde do Brasil lança Guia de Atividade Física para a População Brasileira, com apoio da OPAS.** 30 jun. 2021.

PITHON-CURI, Tania C. Fisiologia do Exercício. São Paulo - SP, Brasil: **Grupo GEN**, 2013.

PORTH, C.M.; MATFIN, G. Fisiopatologia. 8ª ed. **Guanabara Koogan,** 2010.

Rao SJ, Shah AB. Exercise and the Female Heart. **Clin Ther**. 2022 Jan;44(1):41-49, 2021.

SÁ, M. J.; DORES, D. H., Atleta com Hipertrofia Ventricular Esquerda; **Revista Medicina Desportiva:**11(2):7-9. Lisboa, março, 2020.

SCHRANNER, Daniela et al. Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. **Sports medicine-poen**, v. 6, p. 1-17, 2020.

SILVERTHORN, D. Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada, 7ª Edição, Porto Alegre: **Artmed,** 2017.

SOUSA, Maria Danielly de Almeida et al., Coração de atleta x miocardiopatia hipertrófica: características gerais. medicina do exercício e do esporte: evidências científicas para uma abordagem multiprofissional-volume 2, v. 2, n. 1, p. 169-179, 2023.

STEVENS, Bryce et al. The economic burden of heart conditions in Brazil. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 111, p. 29-36, 2018.

VASQUES, Mariany Maria Pereira. **Estudo da modulação autonômica cardíaca de atletas amputados transfemorais.** 2021. 40 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Fisioterapia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

CAPÍTULO 4

O SISTEMA IMUNE FRENTE A ATIVIDADE FÍSICA

Data de aceite: 01/09/2023

Layanna Timoteo dos Santos
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-0077-7541

Safira Duanny de Carvalho Silva
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-9675-1957

Vinicius Sousa Barbosa
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0002-7845-7145

Erika Regina da Silva Morais
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0009-0003-7047-6055

João Guilherme Patriota Carneiro
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0001-7081-1624

Larissa Nahilda Rebouças Coares
Discente de medicina da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
https://orcid.org/0000-0003-1152-1656

José Carlos Gomes Patriota Neto
Discente de medicina da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Pinheiro-MA, Brasil
https://orcid.org/0000-0003-2468-9589

Rodrigo Guimarães Vieira de Carvalho
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cardiologia SBC-AMB
https://orcid.org/0009-0002-9608-1783

Carlos Alberto Alves Dias Filho
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Laboratório de Adaptações Cardiovasculares ao Exercício – LACORE (UFMA), São Luís, Brasil
Docente da Faculdade Santa Luzia- Santa Inês - MA
Docente da Faculdade de medicina Afya Santa Inês -MA
Laboratório de Adaptações Cardiorrenais ao Exercício Físico - LACE
https://orcid.org/0000-0003-1181-6411

1 I SISTEMA IMUNOLÓGICO & EXERCÍCIO FÍSICO

O sistema imunológico é composto por diversos órgãos, células e moléculas com a finalidade de defender o organismo, de forma adaptável, contra agentes infecciosos ou não infecciosos, e manter a homeostase corpórea. Muitos estressores físicos, como cirurgias, traumas, queimaduras, sepse e exercício físico, induzem um padrão de respostas imunológicas semelhantes. Frente a esses estressores físicos, nosso corpo monta essa resposta imunológica que inclui dois estágios: a imunidade inata e a imunidade adaptativa (Bonifácio, 2021).

A resposta inata inclui barreiras físicas (ex.: pele), químicas (ex.: lágrima, sistema complemento) e a participação de células como macrófagos, neutrófilos, células dendríticas, células *natural killers* (NK) e moléculas microbicidas como o óxido nítrico (NO) e ânion superóxido (O2-). A resposta imune adaptativa envolve principalmente linfócitos T (TCD4+ e TCD8+) e B e seus produtos, citocinas e anticorpos, respectivamente. Pode ser dividida em resposta imune humoral (mediada por anticorpos) e resposta imune celular (mediada por células, tais como linfócitos T e macrófagos) (Terra, 2012).

O exercício físico mantém uma relação com os diferentes componentes envolvidos na resposta imunológica (leucócitos, linfócitos, neutrófilos, células natural killers, macrófagos, citocinas IL-1, IL-6, IL-8, IL-10, TNF-a e imuniglobulinas IgA, IgD, IgE, IgG, IgM) devido este promover uma alteração da homeostase orgânica, levando a reorganização da resposta imune diante do desafio imposto ao organismo pela prática do exercício (Krinski, 2010). Dessa forma, a prática de exercícios intensos e constantes é capaz de desenvolver mudanças significativas no sistema imunológico (tabela 1).

Com o intuito de simplificar a compreensão da relação entre atividade física e seus efeitos no sistema imunológico, iremos fornecer a seguir informações sobre as células e substâncias solúveis mais relevantes do sistema imunológico inato e adaptativo, que são afetadas durante a prática de exercícios físicos.

- Leucocitose
- Granulocitose
- Redução de Imunoglobulinas
- Redução de Linfócitos NK
- Aumento de citocinas
- Redução do Complemento
- Aumento das proteínas reacionais da fase aguda
- Redução da proteína C reativa

Tabela 1: Efeitos da prática de exercícios intensos e constantes sobre o sistema imunológico

Fonte: Marínez, 1999.

2 I RELAÇÃO CÉLULA-EXERCÍCIO

2.1 Leucócitos

Os leucócitos, também chamados de glóbulos brancos, são as unidades móveis do sistema protetor do corpo. O verdadeiro valor dos leucócitos é que a maioria deles é transportada especificamente para áreas de infecção e de processos inflamatórios graves, proporcionando, assim, uma defesa rápida e potente contra agentes infecciosos (Guyton, 2017).

A prática de atividade física está relacionada a alterações nos processos fisiológicos, psicológicos e no sistema neuroendócrino (Mello et al., 2005). A variação total na quantidade de leucócitos é determinada por reações fisiológicas, como a execução de exercícios físicos que podem reduzir ou elevar a quantidade de leucócitos, dependendo da intensidade e duração da atividade. (Risoy, 2003)

Vários estudos investigaram o impacto do exercício físico agudo no sistema imunológico e observaram um aumento no número de leucócitos circulantes (leucocitose). A magnitude da leucocitose parece estar relacionada a vários fatores, incluindo o nível de estresse enfrentado pelo indivíduo (Terra et al. 2012). Simonson e Jackson (2004), examinaram os efeitos de uma série de exercícios de resistência na resposta imunológica de homens ativos. Os participantes realizaram três séries de 8 a 10 repetições a 75% de 1 RM para oito grandes grupos musculares. Os resultados indicaram que, imediatamente após o exercício, houve um aumento nos leucócitos, principalmente nos monócitos e

neutrófilos, com exceção dos basófilos e eosinófilos. No entanto, após 15 e 30 minutos do término da sessão, os níveis de leucócitos voltaram aos valores pré-exercício.

Além da variação no número de linfócitos sanguíneos, o exercício físico também afeta a função dessas células (Baganha, 2017). A existência de controvérsias em relação às características dessas alterações linfocitárias é ampla, porém a maioria dos estudos descreve um efeito supressor do exercício sobre as células T. (tabela 1).

2.2 Linfócitos

Os linfócitos se originam das células troncos hematopoiéticas e diferenciam-se em duas categorias, linfócitos T e B. Os linfócitos T são responsáveis pela imunidade mediada por células e perfazem linfócitos TCD4+ e TCD8+, os linfócitos B, são responsáveis pela imunidade humoral e tem como produto os anticorpos. (Del Prete, 2008).

Os linfócitos TCD4+ dão origem a dois tipos de células produtoras de citocinas. São elas as células Th1 (T helper tipo 1) e as células Th2 (T helper tipo 2).

As subpopulações de linfócitos apresentam variável presença ao decorrer dos exercício físico e repouso. Trata-se da elevação dos linfócitos no compartimento vascular durante a atividade física e diminuição além dos padrões pré-exercício, após trabalho físico de longa duração.Durante a atividade todas as subpopulações de linfócitos aumentam, porém a razão CD4+ e CD8+ diminui, isto é, um maior aumento das células TCD8+ em relação às células TCD4+ (Terra, 2012).

O declínio da concentração de linfócitos tem sido explicado em parte por um mecanismo de apoptose que atua imediatamente após a realização de exercícios de físicos de alta intensidade. A concentração de glutationa (GSH) de linfócitos, também sofre efeito do exercício físico intenso, o que ocasiona sua diminuição, por induzir o estresse oxidativo. Além disso, o aumento das catecolaminas também é promovido pelo exercício e pode estar associado à redistribuição de leucócitos, uma vez que os linfócitos apresentam receptores α e **β** adrenérgicos, sugerindo uma regulação neuro-hormonal. (Terra, 2012).

A qualidade da resposta imune é definida pela intensidade, duração e frequência, da atividade física praticada. Isso é explicado por quê a atividade de moderada intensidade direciona a resposta imune para o braço Th1, o que aumenta à proteção contra invasores intracelular. As respostas Th2 são reveladas em esforços físicos de alta intensidade para priorizar e reparar os danos teciduais da musculatura esquelética, isso resulta no enfraquecimento quanto à defesa contra microrganismos agressores (Perigolo, 2019)

2.3 Neutrófilos

Neutrófilos são células do sistema imunológico pertencentes ao grupo dos leucócitos granulócitos, também conhecidos como polimorfonucleares. Os neutrófilos representam

cerca de metade da quantidade total de leucócitos circulantes, tornando-se assim os leucócitos mais abundantes no sangue, e sendo uma das primeiras células a chegar ao local da infecção e ativar o processo inflamatório. Esse conjunto de células faz parte do sistema imunológico inato e é essencial para a defesa do hospedeiro, além de participar de várias condições inflamatórias (de Melo, 2010).

A resposta dos neutrófilos ao exercício parece estar baseada na sua intensidade. Em geral, o exercício moderado tem mostrado elevar o número de neutrófilos (PMNs), com aumento das funções quimiotáticas, oxidativas, microbianas e de fagocitose, demonstrando manter-se durante o repouso (Peake, 2005).

Uma das principais características observadas nos aspectos imunológicos da atividade física é a presença prolongada de neutrófilos após um exercício agudo de intensidade moderada e duração prolongada (Morozov, 2006). Um estudo foi conduzido em homens que participaram de uma aula de ciclismo indoor, com o objetivo de investigar as variações agudas nos níveis de neutrófilos no sangue. Os resultados mostraram que imediatamente após o exercício, houve um aumento de 12% na contagem de neutrófilos, e durante o período de recuperação de 24 horas, esse número foi reduzido para 19,8%, alcançando 11,3% após 48 horas (de Melo, 2010). Esse aumento nos níveis de neutrófilos está diretamente relacionado ao aumento da expressão de moléculas de adesão celular após o exercício, o que pode contribuir para a migração desses neutrófilos para os tecidos danificados, incluindo o músculo esquelético (Figura 1) (Baganha, 2017).

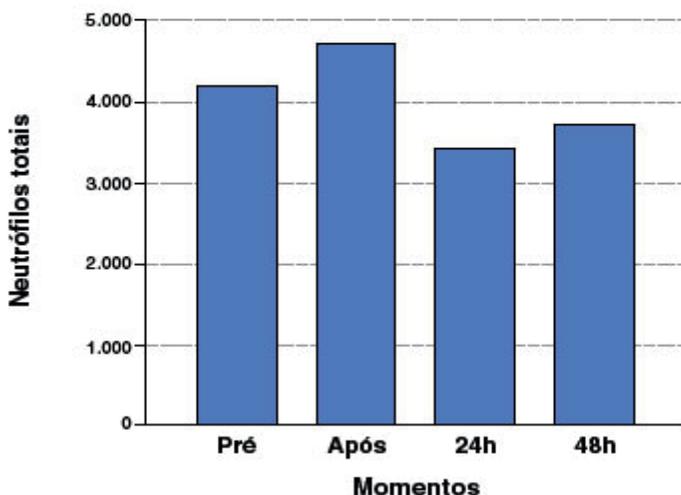



Figura 1: Contagem de neutrófilos totais em momentos pré, imediatamente após, 24h após e 48h após o exercício físico.

Fonte: Baganha, 2017

2.4 Natural Killer (NK)

As células NK são uma classe de linfócitos e tem como principais funções a destruição de células tumorais ou infectadas por vírus. Isso se dá devido à capacidade que essas células têm de reconhecer alterações na membrana plasmática de células anormais (Abbas, 2005).

Essas células apresentam como marcadores de superfície o receptor III para região constante (Fc) de IgG, o Fcg (CD16) e uma molécula de adesão de células neuronais (CD56), responsável por adesão homotípica. Baseado na expressão de CD56, essas células podem ser divididas em duas subpopulações: CD56dim, as quais apresentam altos níveis de CD16, são mais citotóxicas e correspondem a 90% das células NK presentes na circulação periférica; e CD56bright, cujos níveis de CD16 são menores ou inexistentes e correspondem a cerca de 10% do total de células NK circulantes (Terra, 2012).

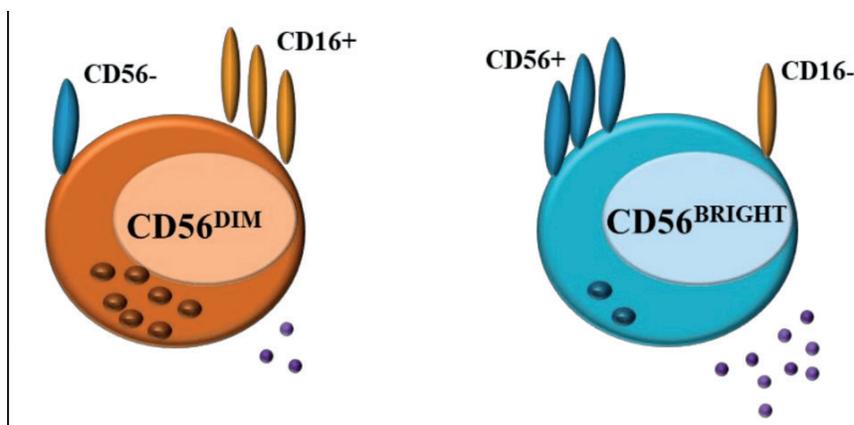



Figura 2: Tipos de células NK.

Fonte: Van Eeden, 2020.

O exercício físico pode alterar a contagem e a função das células NK, como exemplo, a atividade citotóxica das células NK (NKCA). Essa alteração depende do tipo de exercício, da intensidade, da duração e do nível de treinamento de cada indivíduo (Rigo, 2013). Estas células apresentam notável sensibilidade ao estresse promovido pelo exercício físico, o qual promove sua redistribuição do sangue periférico para os outros tecidos, sugerindo que a NK pode ser um potencial elo entre a atividade física regular e o estado de saúde geral (Timmons, 2008).

A mobilização da circulação periférica pode ocorrer via mecanismos que incluem estresse por aumento substancial do fluxo sanguíneo periférico e expressão diminuída de moléculas de adesão induzida por catecolamina, cuja produção é estimulada pelo exercício físico. Entretanto, durante exercício muito prolongado (maior que 3h) a concentração de

células NK circulantes pode retornar ao nível pré-exercício, ou mesmo tornar-se ainda menor do que este. Uma hipótese para essa diminuição seria a migração dessas células para sítios de injúria muscular (Terra, 2012).

2.5 Macrófagos

Os macrófagos são células teciduais que interligam o sistema imune inato e sistema imune adaptativo, esses são células com grande heterogeneidade fenotípica e podem ter atividade pró-inflamatória ou anti-inflamatória, imunogênica ou tolerogênica, de destruição tecidual ou reparo tecidual. Eles produzem citocinas, fagocitam microrganismos e favorecem o reparo tecidual (Migliorini, 2014)

Os exercícios físicos dependendo da sua intensidade podem aumentar ou diminuir a ocorrência de infecções por alterar a função dos macrófagos. O exercício moderado provoca monocitose transitória por ação das catecolaminas que são liberadas durante o exercício físico. No entanto, o exercício exaustivo em indivíduos que já portam alguma atividade inflamatória tem a capacidade de diminuir o número de macrófagos recrutados para o sítio inflamatório (Bonifácio, 2021).

Ademais, exercícios prologados e extenuantes diminuem a expressão dos receptores tipos Toll em macrófagos, e isso compromete a apresentação de antígenos para os linfócitos T e impedem a resposta inflamatória Th1 (SOUZA et al., 2007). Sem esse efeito inflamatório, o tecido é preservado e o risco de doenças inflamatórias graves é diminuído, no entanto o organismo fica mais suscetível à infeções por microrganismos intracelulares. (Bonifácio, 2021).

2.6 Citocinas

As citocinas são proteínas de baixo peso molecular que participam da regulação da reposta imunológica. Elas são produzidas pelos leucócitos, e outras células, em resposta à uma infecção ou lesão tecidual e agem como agentes regulatórios e sinalizadores, facilitando a resposta de linfócitos, neutrófilos, monócitos e outras células que participam do combate ao antígeno e cura dos tecidos lesados (Krinsk, 2018).

As citocinas têm sido classificadas como pró ou anti-inflamatórias, de acordo com as funções desempenhadas. As principais citocinas anti-inflamatórias são IL-10 e TGF-beta (fator de transformação de crescimento β) as quais podem, entre outras funções, inibir a produção de citocinas pró-inflamatórias. Dentre as citocinas pró-inflamatórias podemos citar IL-1, IL-2, IL-12, IL-18, IFN-γ e TNF-α. (Terra, 2012) O balanço entre a concentração circulante de citocinas pró e anti-inflamatórias, é considerado, um importante meio de controle da inflamação crônica, estando condicionada a regulação por parte de fatores genéticos (polimorfismos) e ao estilo de vida. (Neves, 2014)

O exercício exerce influência direta na resposta das citocinas. Durante o processo de contração muscular, envolvendo a prática de atividades físicas, ocorre o surgimento de pequenas microlesões na fibra muscular. Como consequência, origina-se uma resposta inflamatória aguda, que envolve a ativação do sistema complemento, com participação efetiva do fator de necrose tumoral TNF-a, interferons e outras citocinas anti e pró-inflamatórias, que perduram por vários dias, com finalidade de eliminar o tecido lesado (Krinsk, 2018).

Muitos estudos relataram que IL-6, IL-10, IL-1ra e IL-8 aumentam após exercícios de resistência com duração superior a várias horas. No entanto, durante e após exercícios intensivos de curta duração e exercícios de contração excêntrica, a resposta dessas citocinas é desprezível. Esses resultados sugerem que essas respostas de citocinas estão relacionadas à intensidade e duração do exercício (carga/fator de estresse fisiológico), e não ao dano muscular induzido pelo exercício (Suzuki, 2020).

A IL-6, também conhecida como "citocina gp130", é uma citocina que participa do processo inflamatório, sendo considerada uma interleucina responsiva à inflamação. Esta citocina tem sido denominada miocina, visto que a contração de músculos esqueléticos durante exercícios prolongados libera grandes concentrações desta na circulação. (Terra, 2012) A IL-6 melhora a disponibilidade de lipídios, como ácidos graxos livres (FFAs), o que leva ao desempenho de alta intensidade, enquanto também promove a migração e ativação de neutrófilos, juntamente com a liberação de citocinas anti-inflamatórias, como IL-1ra e IL-10 (Suzuki, 2020).

Dentre algumas funções específicas desempenhadas pelas citocinas IL-1ra e IL-10 estão o bloqueio na apresentação de antígenos pelos macrófagos, a inibição na produção de IL-1β, IL6, TNF-α e quimiocinas pelos macrófagos e linfócitos e, consequentemente, a finalização da resposta inflamatória (Silva, 2011).

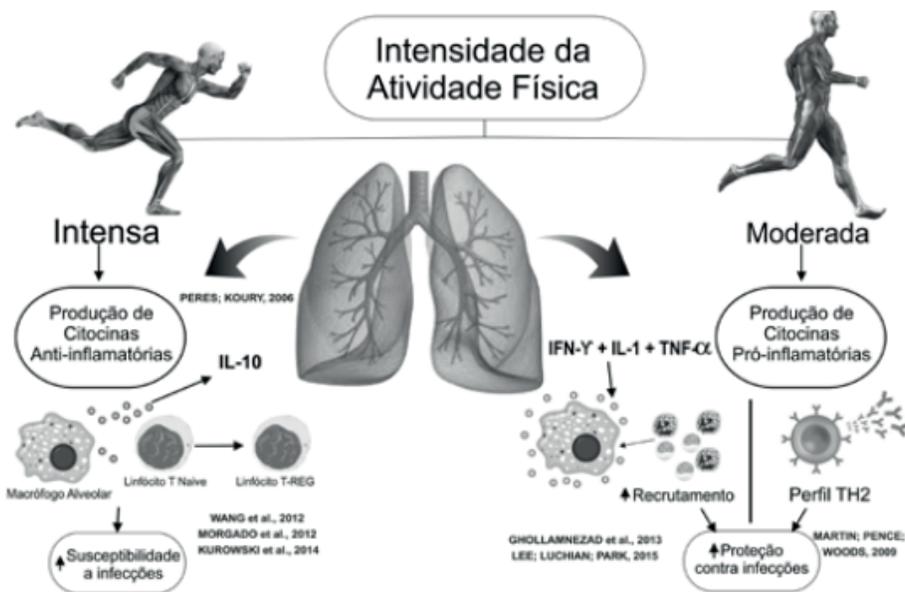



Figura 3: Esquema apontando as diferentes modulações do sistema imune de acordo com a intensidade da atividade física praticada pelo organismo.

Fonte: Lopes, 2016.

2.7 Imunoglobulinas

As imunoglobulinas, que fazem parte do sistema de imunidade humoral, compõem o componente molecular essencial do sistema imunológico. Essas moléculas são produzidas quando os linfócitos B se diferenciam em células plasmáticas. A produção das imunoglobulinas é estimulada pela exposição das células B a um antígeno específico, que é reconhecido de maneira específica. Todas as células B derivadas daquela que foi estimulada pelo antígeno secretam imunoglobulinas com uma região de interação semelhante ao antígeno. Existem cinco tipos de imunoglobulinas com regiões constantes identificáveis: IgG, IgA, IgM, IgD e IgE. (Kimura, 2007).

Após exercício de alta e média intensidade, tem sido descrito aumento das imunoglobulinas séricas. Essa informação pode ser explicada pela contração do volume plasmático que ocorre após o exercício. O afluxo de proteínas do extra para o intravascular, representadas principalmente por linfa rica em imunoglobulinas também poderia explicar o achado. Porém, a IgA, presente nas mucosas do trato superior respiratório e, portanto, responsável pela proteção desse sistema, pode diminuir expressivamente após exercícios de alta intensidade, o que pode justificar a prevalência de doenças respiratórias que acometem as vias aéreas superiores em atletas (IVAS) (Costa-Rosa, 2002).

3 | RESPOSTA IMUNE E INFECÇÃO

As respostas promovidas pelo exercício, tanto agudamente quanto em sua cronicidade, afetam diversos componentes do sistema imune. O exercício de intensidade moderada (figura 2) pode estimular parâmetros relacionados à imunidade celular e assim diminuir o risco de infecção, enquanto o exercício de alta intensidade pode promover um decréscimo destes mesmos parâmetros, aumentando assim o risco de doenças infecciosas (Terra, 2012).

Além da teoria que postula que a glutamina, um aminoácido essencial para as células musculares e do sistema imunológico, é amplamente utilizada em grandes quantidades durante o processo de reparação do tecido muscular após exercícios intensos, resultando em uma temporária escassez de glutamina que afeta o sistema imunológico (Santos, 2007).

Dessa forma, observa-se que a prática de exercícios físicos pode se tornar um desafio para o sistema imunológico a depender de sua intensidade, uma vez que promove a reorganização desse sistema, alterando a sua homeostase orgânica. Na Tabela 2 são apresentadas as principais alterações ocorridas durante 60 minutos e após 3 a 5 horas ao término da prática de exercícios físicos de intensidade moderada e extenuante.

	Durante exercício moderado	3-5h após o exercício moderado	Durante o exercício extenuante	3-5h após o exercício extenuante
Leucócitos	↑	↑	↑	↓
Linfócitos	↑	↑	↑	↓
Contagem de células	↑	↑	↑	↓
NK	↑	↑	↑	↓
Macrófago	↑	↑	↑	↓
IL-1	↑	↑	↑	↑
IL-6	↑	↑	↑	↑
IL-8	↑	↑	↑	↑
IL-10	↑	↑	↑	↑
TNF- α	↑	↑	↑	↑
IgA	↑	↑	↓	↓
IgD	↑	↑	↑	↓
IgE	↑	↑	↑	↓
IgG	↑	↑	↑	↓
IgM	↑	↑	↑	↓

Tabela 2: Efeitos de diferentes intensidades de exercício físico em componentes do sistema imunológico

Fonte: Karinsk, 2010.

Portanto, de forma resumida, podemos afirmar que a prática de exercícios moderados ajuda a proteger contra infecções provocadas por microrganismos dentro das células, pois estimula predominantemente a resposta imunológica das células Th1, que é uma resposta celular (Terra, 2012). Por outro lado, o exercício de alta intensidade provoca um aumento nos níveis de citocinas anti-inflamatórias (padrão Th2), com o objetivo de reduzir os danos causados ao tecido muscular devido ao estresse gerado, tornando o indivíduo mais propenso a infecções (Figura 4). Após apenas uma sessão de exercício intenso, ocorre uma supressão temporária do sistema imunológico, conhecida como "janela imunológica", que pode durar de 3 a 72 horas (Leandro, 2007).

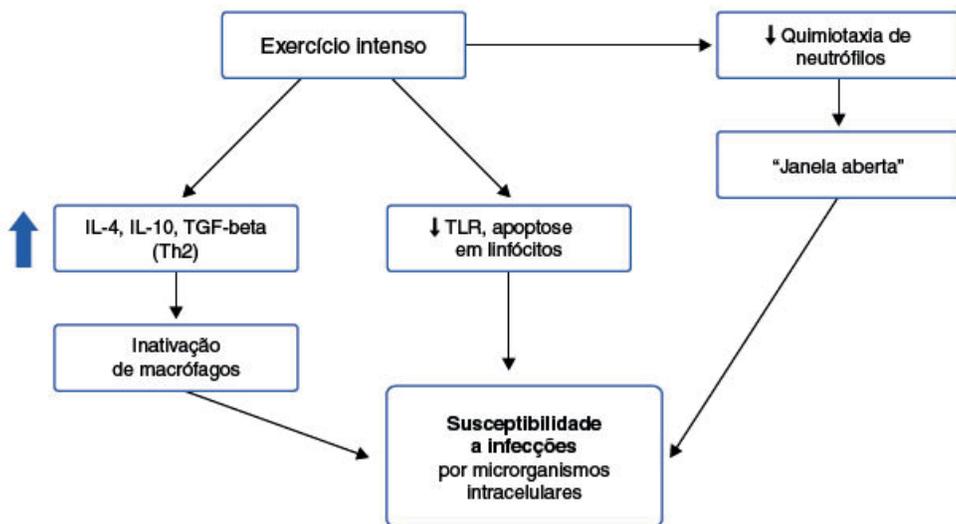



Figura 4: Resumo dos efeitos do exercício de grande intensidade.

Fonte: Terra, 2012

REFERÊNCIAS

ABBAS AK, LICHTMAN AH. **Imunologia Celular e Molecular**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. 580 p.

Baganha RJ, Modesto LV, Pereira AA, Santos GFS, Oliveira JJ, Silva AS, et al. Variações agudas na contagem leucocitária após aula de ciclismo indoor. **ConScientiae Saúde.** 16(2):234-40, 2017.

BIBIKOW, Albert Eleuterio. **Fortalecimento do sistema imunológico e respiratório através da atividade física**. 2022.

BONIFÁCIO, Bruna et al. **Relação entre exercício físico e sistema imunológico**. F* NVOPMPHJB, v. 5, n. 4, p. 361, 2021.

Costa-Rosa LFPB, Vaisberg MW. **Influências do exercício na resposta imune.** Rev Bras Med Esporte, v. 8, n. 4, p. 167, 2002.

DEL PRETE G. **The complexity of the CD4 T-cell responses: old and new T-cell subsets**. Revista Parassitologia, vol 50, n 9, p. 16, 2008.

de Melo CW, Mesquita-Júnior D, Araújo JAP, Takao-Catelan TT, Souza AWS, Silva NP, et al. Sistema imunitário: Parte I. Fundamentos da imunidade inata com ênfase nos mecanismos moleculares e celulares da resposta inflamatória. **Rev Bras Reumatol.** 50(4):434-47, 2010.

GUIMARÃES, Thiago Teixeira et al. **Treinamento aeróbio em diferentes volumes na modulação da função de macrófagos e infecção de camundongos Balb/c por Leishmania major.** 2019.

GUYTON, A.C. e Hall J.E.– **Tratado de Fisiologia Médica.** Editora Elsevier. 13ª ed., 2017.

Kimura F, Aizawa K, Tanabe K, et al. **A rat model of saliva secretory immunoglobulin: a suppression caused by intense exercise.** Revista Scand J Med Sci Sports, v. 17, n. 1, p. 1, 2007.

KRINSKI K, et al. **Efeitos do exercício físico no sistema imunológico**. Revista brasileira de medicina, v. 67, n. 7, p. 227-228, 2010.

Lopes DPS, Muniz I PR, Silva RA. A. **Intensidade de exercício físico e imunomodulação: impactos em infecções das vias aéreas**. Ver Saúde e Pesquisa, v. 9, n. 1, p. 175-186, 2016.

Leandro CG, Castro RM, Nascimento E, Pithon-Curi TC, Curi R. **Mecanismos adaptativos do sistema imunológico em resposta ao treinamento físico.** Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2007;13(5):343-8.

Mello M, Boscolo R, Esteves A, Tufik S. O exercício físico e os aspectos psicobiológicos. **Rev Bras Med Esporte** – Vol. 11. 2005

Morozov VI, Tsyplenkov PV, Golberg ND, Kalinski MI. The effects of high-intensity exercise on skeletal muscle neutrophil myeloperoxidase in untrained and trained rats. **Eur J Appl Physiol**, 97(6):716-22, 2006.

NEVES, P. R. DA S. et al.. **Efeitos de diferentes intensidades de exercício sobre a concentração sérica de interleucinas.** Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, v. 28, n. 4, p. 545–552, out. 2014.

PARISI, Mariana Migliorini. **Padronização de técnica de purificação de monócitos como modelo de cultura celular para estudo da diferenciação in vitro de macrófagos**. 2014.

Peake JM, Suzuki K, Wilson G, et al. Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines and markers of neutrophil activation. **Med Sci Sports Exerc**. 37(5):737-745, 2005.

PERIGOLO, Thais Ferreira et al. Atividade Física e sua Relação com a Resposta Imunológica. **Organizadores: Tatiliana Bacelar Kashiwabara Lamara Laguardia Valente Rocha Letícia Guimarães Carvalho de Souza Lima Ester Viana Carvalho**, p. 43, 2019.

Risoy BA, Raastad T, Hallén J, et al. Delayed leukocytosis after hard strength and endurance exercise: Aspects of regulatory mechanisms. BMC Physiol, 3(14):1-12, 2003.

SILVA, F. O. C. DA.; MACEDO, D. V.. **Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral.** Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, v. 13, n. 4, p. 320–328, jul. 2011.

SUZUKI, K.; TOMINAGA, T.; RUHEE, R.T.; MA, S. **Characterization and Modulation of Systemic Inflammatory Response to Exhaustive Exercise in Relation to Oxidative Stress.** Revista Antioxidants, v. 9, p. 401, 2020.

TERRA, R. et al.. **Efeito do exercício no sistema imune: resposta, adaptação e sinalização celular.** Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 18, n. 3, p. 208–214, maio 2012.

TIMMONS BW, CIESLAK T. **Human Natural Killer Cell Subsets and Acute Exercise: A Brief Review.** Exerc Immunol Rev 2008;14:8-23.

Van Eeden, C.; Khan, L.; Osman, M.S.; Cohen Tervaert, J.W. **Natural Killer Cell Dysfunction and Its Role in COVID-19**. *Int. J. Mol. Sci.* **2020**, *21*, 6351.

CARLOS ALBERTO ALVES DIAS FILHO - Bacharel Biomedicina pela Faculdade Estácio de São Luís-MA (2014); Especialista em medicina do esporte e da atividade física pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS); Mestre em saúde do adulto e da criança (PPGSAC) pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA); Doutor em Biotecnologia em Saúde pela Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO-UFMA). É professor na Faculdade de Medicina da ITPAC de Santa Inês. É professor na Faculdade Santa Luzia de Santa Inês nos departamentos de Farmácia e Enfermagem. Coordenador da Liga acadêmica de pesquisa científica em medicina. Principais Linhas de pesquisa: Genética e Biologia molecular, Adaptações cardiorrenais e modulação autonômica cardíaca em populações especiais.

RODRIGO GUIMARÃES VIEIRA DE CARVALHO - Possui graduação em Medicina pela Faculdade Souza Marques (RJ - 1995). Atualmente é médico / diretor responsável / proprietário - HCORP. Tem experiência na área de Medicina, com ênfase em Cardiologia e Pneumologia. Possui também Título de Especialista em Cardiologia outorgado pela Sociedade Brasileira de Cardiologia(SBC) e Associaçao Medica Brasileira(AMB). Diretor Administrativo da Sociedade Brasileira de Cardiologia - Maranhão na Gestão Biênio 2022/2023 Professor da Disciplina de HAM III na Faculdade de Medicina ITPAC Santa Inês no período de Agosto de 2021 até a presente data / Tutor da Liga de Clínica Médica (LACLIM) da Faculdade de Medicina ITPAC Santa Inês em 2021. Organizador e Palestrante do I Curso de Eletrocardiograma Módulo I na HCORP Santa Inês em Março 2022.

RACHEL MELO RIBEIRO - Atualmente é professor Associado II da Universidade Federal do Maranhão da disciplina Farmacologia. Docente permanente do Programa de Pós-graduação em Ciencias da Saúde e Programa de Pós-Graduação em Educação Física-UFMA.. É colaborador do Programa de Pós-Graduação RENORBIO. Exerce o cargo de Vice-presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFMA (desde 2021). É líder do grupo de pesquisa Prospecção químico-farmacológica de plantas medicinais e derivados em modelos experimentais de desordens isquêmicas cardíacas- CNPQ, com estudo farmacológico e toxicológico de produtos naturais. Desenvolve produtos tecnológicos e de invenção. Doutora em Biotecnologia (2011), possui graduação em Farmácia-Bioquímica pela UFMA (2003) e Mestrado em Saúde e Ambiente (2007).

CRISTIANO TEIXEIRA MOSTARDA - Possui graduação em Educação Física pela Universidade Cidade de São Paulo (2001), Especialista em Fisiologia (UNIFMU),Mestrado e Doutorado em Ciências pela UNIFESP (2002-2006- Departamento de Nefrologia). Atualmente é Professor Adjunto na Universidade

Federal do Maranhão (UFMA), onde ministra as disciplinas de Fisiologia do Exercício e Atividade Física e Envelhecimento; Ministra as disciplinas de Anatomia, Socorros de Urgência e Medidas e Avaliação em Educação Física para o programa PARFOR (Plano Nacional de Formação de Professores de Educação Básica); Professor do curso de especialização em Musculação e Medicina do esporte da UFMA; Professor permanente do Programa de Mestrado em Saúde do Adulto e da Criança (UFMA), Professor Permanente e Vice Coordenador do Programa de Pós graduação em Educação Física UFMA (PPGEF-UFMA), Professor permanente do Programa de pós graduação em Biotecnologia (RENORBIO - CCBS- UFMA) . Professor e orientador no Centro de Prevenção de Doença Renal (Residência Multiprofissional do Hospital Presidente Dutra), Professor no Centro de Reabilitação em Cardiopneumologia. (Hospital Presidente Dutra) Coordenador do Laboratório de Adaptações Cardiovasculares ao Exercício (LACORE). https://orcid.org/0000-0002-1305-1697 BOLSISTA DE ESTÍMULO À PRODUTIVIDADE EM PESQUISA SENIOR EDITAL FAPEMA Nº 07/2021

ANDRESSA COELHO FERREIRA - Graduação em biomedicina pela Faculdade Estácio de São Luís. Pós graduada em Gestão da Qualidade em Saúde e Administração Laboratorial. Mestre em Saúde do Adulto (PPGSAD-UFMA). Doutoranda em Biotecnologia (RENORBIO-UFMA). Iniciação Científica: PIBIC (2014-2016) e Bolsista FAPEMA (2016-2017 e 2019-2020). Colaboradora em Laboratório de Interfaces em Materiais (CCET-UFMA) atuando no desenvolvimento e produção de biomateriais (2015-2018). Estagiária e Trainee em Laboratório CEDRO (2017-2018), com experiência em Bioquímica Clínica, Imunologia Clínica, Hematologia Clínica, Parasitologia Clínica, Microbiologia Clínica e Líquidos Corporais.

AÉCIO ASSUNÇÃO BRAGA - Graduado em farmácia-bioquímica pela Universidade Federal do Maranhão, mestrado e doutorado em Ciências pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Aperfeiçoamento em Biologia Molecular pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, sendo orientado pelo Prof. Tit. Mario Hiroyuki Hirata. Atuei como professor nas instituições UNICEUMA e FACIMP, nos cursos de farmácia, biomedicina, medicina, enfermagem, odontologia, nutrição e fisioterapia. Atualmente, estou como docente do curso de medicina e coordenador de pesquisa e extensão (COPEX) da instituição ITPAC - AFYA.

ALEXSANDRO GUIMARÃES REIS - Bacharel em Fisioterapia pela Faculdade Santa Terezinha - CEST; Mestre em Biologia Parasitária pela Universidade Ceuma (UNICEUMA); Doutorando em Biotecnologia em Saúde pela Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO-UFMA); Integra o quadro de fisioterapeuta efetivo

(concursado) da Prefeitura Municipal de São Luís/MA, trabalhando no Hospital Municipal Djalma Marques (Socorrão I) na Unidade de Terapia Intensiva (UTI); Integra o quadro de fisioterapeuta efetivo (concursado) da Prefeitura Municipal de Icatu (MA); Foi professor da Faculdade UNINASSAU no departamento de Fisioterapia; Atualmente professor do curso de medicina na Faculdade ITPAC Santa Inês.

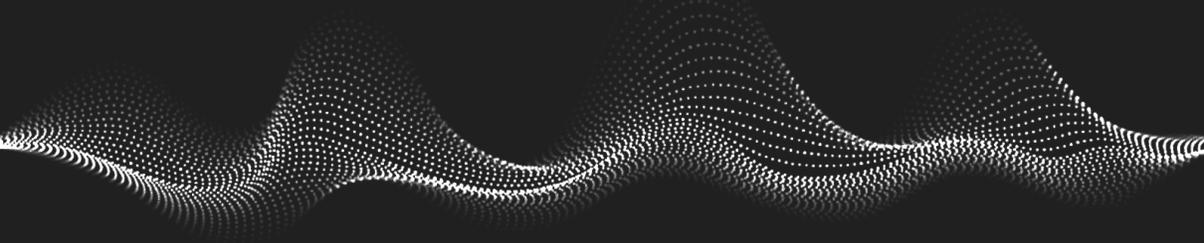
ANDRÉA BORGES ARARUNA DE GALIZA - Possui Graduação em Enfermagem pela Universidade Estadual do Maranhão (2006) e Doutorado em Biotecnologia (RENORBIO) pela Universidade Federal do Maranhão (2020). Atualmente é Professora da ITPAC -Santa Inês no curso de medicina, plantonista no Hospital municipal de Santa Inês- MA e professor titular da Universidade Estadual do Maranhão . Tem experiência na área de Biotecnologia, com ênfase em Biotecnologia Ambiental e Recursos Naturais, atuando principalmente nos seguintes temas: Saúde Publica, Diabetes, Assistência a Saúde e Qualidade de Vida.

NIVALDO DE JESUS SILVA SOARES JUNIOR - Possui graduação em Educação Física pela Universidade Federal do Maranhão (2006), Especialização em Fisiologia do Exercício Avançada com Aprofundamento em grupos especiais pela UVA-RJ (2008), Especialização em Metodologias Ativas e Prática Docente pela UniBF (2020), Mestrado em Saúde do Adulto e da Criança pela Universidade Federal do Maranhão (2019) e Doutorado em Biotecnologia pelo RENORBIO - UFMA (2023). Professor efetivo do ensino fundamental do município de Pinheiro-MA de 2008 a 2023.Professor do curso de Educação Física na faculdade IESF (Instituto de Ensino Superior Franciscano) desde 2019 e faculdade EDUFOR de 2022 a 2023. Professor Substituto da Universidade Federal do Maranhão no curso de Educação Física (UFMA) entre 2021 e 2022. Professor substituto do IFMA desde 07/2023. Professor colaborador do Mestrado em Educação Física - PPGEF/UFMA. Fazendo parte também desde o ano de 2015, como pesquisador-colaborador do Laboratório de Adaptações Cardiovasculares do Exercício - LACORE / UFMA, realizando pesquisa com adolescentes e hipertensão arterial.

MARIANA BARRETO SERRA - Possui graduação em Farmácia-Bioquímica (2014), pós graduação em Imunologia e Citometria de fluxo pela Faculdade Innovare, mestrado em Ciências da Saúde (Biotecnologia de produtos naturais) pela Universidade Federal do Maranhão (2017) e doutorado pela Faculdade de Medicina da USP (Processos inflamatórios e alérgicos). Atualmente trabalha como docente do curso de Medicina na instituição de ensino superior ITPAC Santa Inês (Grupo Afya). Está como tutora em práticas de SOI III e IV, APG de SOI I e coordenadora de laboratórios. Participa de projetos de pesquisa envolvendo as áreas de IMUNOFARMACOLOGIA (voltada ao estudo de produtos biotecnológicos

em ensaios farmacológicos pré-clínicos para o estudo da dor, inflamação e cicatrização, utilizando Citometria de fluxo) e área de Medicina, com ênfase em cirurgia experimental e modelos de pancreatite. Editora associada da Revista de Medicina da Faculdade de Medicina da USP.

CARLOS JOSÉ MORAES DIAS - Doutor em Biotecnologia em saúde (RENORBIO - UFMA), Mestre em Saúde do Adulto e da Criança (UFMA), Residência Multiprofissonal em Saúde Renal (HUUFMA), Especialista em Ciência e Medicina do Esporte (UFMA) e Graduado em Educação Física (UFMA). Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão - Campus de Pinheiro; Coordenador da Liga de Afecções Renais na área de Educação Física (LARE/HUUFMA); Coordenador do Laboratório de Adaptações Cardiorrenais ao Exercício Físico (LACE/UFMA). Membro do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFMA). Coordenador do curso de Licenciatura de Educação Física (UFMA/CAMPUS V, Pinheiro,Ma). Membro do colegiado do programa de pós-graduação em Educação Física (PPGEF/UFMA) Tem experiência na área de Educação Física (Treinamento e avaliação física em populações especiais e em alto desempenho físico) e investigação de pesquisa básica do carvacrol como anti-hipertensivo, além estudo com ênfase nas variáveis cardiovasculares e renais em distintas populações. Estudos de avaliação e análise em variáveis cardiovasculares.

MONIQUE NAYARA COELHO MUNIZ CARDOSO - Possui graduação em Medicina pela Universidade Ceuma (2012). Tem experiência na área de Medicina, com ênfase em Medicina. Residência médica em Cirurgia geral. Residência médica em Urologia. Trabalha como docente do curso de Medicina na instituição de ensino superior ITPAC Santa Inês (Grupo Afya)

EXERCÍCIO FÍSICO:

VOCÊ PODE ESCOLHER TRATAR SUA DOENÇA OU SUA SAÚDE

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2023

EXERCÍCIO FÍSICO:

VOCÊ PODE ESCOLHER TRATAR SUA DOENÇA OU SUA SAÚDE

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2023